

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba

Hornicko-geologická fakulta

Institut geoinformatiky



**Alternativní scénáře vývoje krajiny a jejich vizualizace v prostředí  
virtuální reality  
(případová studie modelového území – Klášterecko)**

Disertační práce

Autor:	Mgr. Tomáš Oršulák
Vedoucí disertační práce:	Doc. RNDr. Jaromír Kaňok, CSc.
Studijní program:	Geodézie a kartografie
Obor:	Geoinformatika

Ostrava 2010

„Is a landscape a scene we are looking at, or a world we are living in?“

*(John Wylie: Landscape. Routledge 2007)*

## **Abstrakt**

Prudký rozvoj moderních geoinformačních technologií implikoval vznik řady prací zaměřených na jejich aplikaci a rozvoj především při plánování a vizualizaci krajiny. Práce se soustředí na jednu z nejvyšších forem vizualizace v prostředí virtuální reality.

Zájem veřejnosti a odborníků o implementaci výsledků těchto prací při plánování krajiny je potvrzen sociologickými šetřeními. Řešení takové implementace nejsou jednoduchá a zahrnují celý komplex problémů, který je již ze své povahy interdisciplinární. Potenciál vyřešit tento problém má především geoinformatika, která se ale neobejde bez znalostí a využití metod z příbuzných oborů jako geografie, popř. krajinná ekologie, urbanismus atd.

Práce se snaží o syntetizující pohled na řešení tohoto problému a na základě podrobné analýzy dostupných zdrojů představuje komplex metod pro hodnocení vývoje krajiny, vizualizace krajiny v třech řádovostních úrovních, včetně návrhu architektury systému umožňující modely krajiny, resp. alternativní scénáře, zobrazit v prostředí virtuální reality. Zmíněný komplex metod uplatňuje a testuje v modelovém území Klášterec nad Ohří (severozápadní část Čech), které, a to především díky své poloze v Česko-německém pohraničí, představuje dynamické změny krajiny a jejich efekty po dobu 250 let. V závěru hodnotí využití virtuální reality pro vizualizaci krajiny a jejich scénářů včetně návrhu implementace využití v rámci rozhodovacího procesu o změnách v krajině.

## **Klíčová slova**

alternativní scénáře, virtuální realita, plánování krajiny, 3D modely

## **Abstract**

The rapid development of advanced geospatial technologies involves the creation of a series of works focused on their application and development especially in planning and landscape visualization. Work will focus on one of the highest forms of visualization in virtual reality environments.

Interest to the public and professionals on the implementation of the results of this work in landscape planning is confirmed by sociological surveys. Implementation of such solutions are not simple and involve a whole complex of problems, which by its nature interdisciplinary. Potential to solve this problem is mainly Geoinformatics, but that can not do without knowledge and use of methods from related fields such as geography, respectively. landscape ecology, urbanism, etc.

Labour tries to look at the synthesis solution to this problem and a detailed analysis of available resources is a complex of methods for evaluating the evolution of landscapes, landscape visualization in 3 scale levels, including system architecture design allows landscape models, respectively. alternative scenarios, see the virtual reality environment.

That complex methods applied and tested in the model territory Klasterec nad Ohri (north-western part of Bohemia), which, mainly due to its location in the Czech-German border, is a dynamic landscape changes and their effects over 250 years. The conclusion assesses the use of virtual reality for visualizing landscapes and scenarios, including a proposal for implementation use in decision-making about changes in the landscape.

## **Keywords**

future scenarios, virtual reality, landscape planning, 3D models

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně, podle pokynů školitele, s použitím uvedené literatury, v souladu se směrnicí děkana č. 1/2010 disertační práce a autoreferát a v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava.

V souladu s §47a zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů souhlasím s publikováním textu své práce na webové stránce HGF VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 20. srpna 2010

Mgr. Tomáš Oršulák

## **Poděkování**

Velmi rád bych poděkoval Doc. RNDr. Jaromíru Kaňokovi, CSc. za cenné rady a odborné vedení této práce.

Na druhém místě bych rád poděkoval svým kolegům, především Doc. RNDr. Jiřímu Andělovi, CSc. za předání zkušeností, které následně vedly k mému doktorskému studiu. RNDr. Martinu Balejovi, Ph.D. za cenné rady v oblasti krajinných metrik a Mgr. Pavlu Raškovi za spolupráci na článcích a projektech. Práci v oblasti získávání dat z terénního výzkumu a dílčího předzpracování dat také pomohli studenti katedry geografie a jim patří také poděkování.

V neposlední řadě musím poděkovat své rodině, která mi po celou dobu studia byla oporou a nechala mi prostor a čas na tvorbu práce.

Speciální poděkování patří všem institucím a firmám, se kterými jsem spolupracoval a které mi poskytovaly data a podklady pro některé části práce.

*Části práce vznikly díky podpoře projektu GA ČR č. 403/06/0243 „Utváření sociálních struktur na pozadí měnící se kulturní krajiny v období transformace“ (řešitel J. Anděl) a projektu Ministerstva práce a sociálních věcí ČR č. 1J 008/04-DP1 „Vývoj environmentálního stresu v severozápadních Čechách v období transformace“ (řešitel J. Anděl).*

*Autor tímto děkuje za podporu.*

## Obsah

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam zkratk

1	Úvod .....	17
1.1	Dosavadní stav problematiky a zaměření výzkumu.....	24
1.2	Cíle práce .....	27
1.3	Struktura práce .....	29
2	Metodická část.....	33
2.1	Dlouhodobý vývoj krajiny .....	33
2.2	Hodnocení horizontální struktury a chronostruktury krajiny .....	38
2.3	Vizualizace krajiny v prostředí virtuální reality .....	48
2.4	Alternativní scénáře.....	55
2.5	Výběr modelového území.....	58
2.6	Datové zdroje .....	60
2.6.1	První mapy .....	61
2.6.2	Historické vojenské mapování.....	62
2.6.3	Mapy stabilního katastru.....	64
2.6.4	Satelitní snímky .....	66
2.6.5	Historické letecké měřičské snímky (LMS) .....	73
2.6.6	Ortofoto.....	77
2.6.7	Digitální model území 25 .....	78
2.6.8	Ostatní zdroje .....	79
3	Aplikační část .....	84
3.1	Charakteristika modelového území .....	84
3.2	Kvantifikace horizontální struktury a chronostruktury krajiny .....	89
3.3	Interpretace výsledků horizontální struktury a chronostruktury krajiny modelového území (3. řádovostní úroveň) .....	98

3.4	Historický a stavební vývoj modelového sídla Klášterce nad Ohří (2. řádovostní úroveň).....	106
3.5	Alternativní scénáře (1. řádovostní úroveň).....	112
3.6	Tvorba a vizualizace modelu krajiny v prostředí virtuální reality .....	118
3.7	Návrh využití prostředí virtuální reality pro vizualizaci krajiny a jejich scénářů v rámci územního plánování .....	128
4	Diskuze a závěry .....	133
5	Použité zdroje.....	137
5.1	Literatura .....	137
5.2	Mapy a datové zdroje .....	144
6	Seznam prací vztahujících se k disertaci.....	146



## Seznam obrázků

Obr. 1 Geografický determinismus, resp. indeterminismus.....	18
Obr. 2 Vztah mezi geoinformatikou a geografii.....	19
Obr. 3 Klasifikace reálných systémů a specifikace systémů sociálních a sociogeografických .....	20
Obr. 4 Idea decizního trojúhelníku s vybranými činiteli při rozhodovacím procesu.....	22
Obr. 5 Vývoj věd o krajině spěje k propojení s vizualizací, GIS, geostatistikou a procesem rozhodování o krajině .....	25
Obr. 6 Porovnání automatické segmentace (vlevo) a ruční vektorizace (vpravo), na výřezech je patrné u ruční vektorizace značné zjednodušení členitosti hranic jednotlivých segmentů.....	41
Obr. 7 Porovnání výsledků ruční vektorizace (černé obrysy) a segmentace (barevné plochy), pro ilustraci je v podkladu letecký snímek s reálným průběhem hranic a krajinného pokryvu. ....	41
Obr. 8 Ukázka modelového páru plošek pro ornou půdu s výřezem části hranice plošky .....	46
Obr. 9 Virtuální realita jako nejvyšší stupeň vizualizace .....	49
Obr. 10 Tři základní prvky virtuální reality (The Three I's of Virtual Reality) .....	50
Obr. 11 Hierarchické členění "I-faktorů".....	51
Obr. 12 Hierarchicko-tematické rozdělení virtuálních prostředí se zaměřením na krajinu.....	52
Obr. 13 Ukázka kompozičního ztvárnění virtuální scény s doplňujícími prvky.....	53
Obr. 14 Území určené pro nízkopodlažní výstavbu rodinných domů (severozápadně od centra města Klášterce nad Ohří): a) současná situace; b) fotorealistická vizualizace výstavby nízkopodlažních domů .....	57
Obr. 15 Schematické znázornění modelovaných ploch .....	58
Obr. 16 1. Vojenské mapování – výřez části modelového území.....	63
Obr. 17 2. Vojenské mapování – výřez části modelového území.....	64
Obr. 18 2. Stablní katastr – legenda .....	65
Obr. 19 Stablní katastr – výřez území (západní část Klášterce nad Ohří) .....	66
Obr. 20 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 1 (kombinace pásů 4,2,1 ) z roku 1975 .....	68
Obr. 21 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 5 (kombinace pásů 4,3,2 ) z roku 1985.....	69

Obr. 22 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 7 (kombinace pásem 4,3,2) z roku 2000 .....	70
Obr. 23 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 7 (panchromatický) z roku 2000.....	71
Obr. 24 Modelové území na satelitním snímku družice KH ze 70. let 20. století .....	72
Obr. 25 Ukázka snímku z roku 1996 (v horní části řeka Ohře a Klášterec nad Ohří) .....	74
Obr. 26 Klad snímků pro rok 1964 (vlevo původní, vpravo doplněný) .....	75
Obr. 27 Ortofoto snímek rok 2003 - výřez části modelového území.....	78
Obr. 28 DMÚ 25 - výřez části modelového území .....	79
Obr. 29 Kreslená pohlednice – Klášterec nad Ohří a okolí jihozápadu .....	81
Obr. 30 Fotografie z 1. poloviny 20. století – Klášterec nad Ohří a okolí z jihu .....	81
Obr. 31 Fotografie z roku 2008 – Klášterec nad Ohří a okolí z Karlovarské silnice (D 13) při příjezdu do města.....	82
Obr. 32 Fotografie z 1. poloviny 20. století (Obr. 31) po úpravě v programu Adobe Photoshop .....	83
Obr. 33 Modelové území v rámci Ústeckého kraje a ČR .....	85
Obr. 34 Modelové území – vizualizace databáze DMÚ 25.....	86
Obr. 35 Výřez modelového území z Aretinovy mapy (1. vydání rok 1619) .....	87
Obr. 36 Značka použitá pro znázornění Klášterce na Aretinově mapě .....	87
Obr. 37 Legenda Müllerovy mapy.....	88
Obr. 38 Klášterecko na Müllerově mapě.....	88
Obr. 39 Krok č. 1 – segmentace snímku (metoda Multiresolution Segmentation, Scale = 180, Color = 0,8) v prostředí eCognition Mapquick .....	92
Obr. 40 Krok č. 2 – klasifikace snímku (metoda Nearest Neighbor, příznakový prostor – barva a textura) v prostředí eCognition Mapquick .....	93
Obr. 41 Klasifikace snímku (metoda Merge Objects) v prostředí eCognition Mapquick .....	93
Obr. 42 Schéma procesu klasifikace krajinného pokryvu pro rok 2003.....	94
Obr. 43 Výpočet krajinných metrik pomocí extenze Patch Analyst pro ArcGIS .....	95
Obr. 44 Krajinný pokryv (generalizovaný) ve sledovaných obdobích v modelovém území .....	97
Obr. 45 Vývoj počtu obyvatel Klášterecka v letech 1869 – 2007.....	99
Obr. 46 Změny velikosti ploch ve sledovaných kategoriích modelového území ....	100

Obr. 47 Vývoj poměrného zastoupení ploch sledovaných kategorií v modelovém území .....	101
Obr. 48 Kresba z poloviny 19. století ukazuje část Šumburského panství s ornou půdou, v současné době jsou na těchto plochách louky a pastviny .....	101
Obr. 49 Fotografie zobrazující přibližně stejnou oblast jako kresba na Obr. 48 (změna z pole na louky a pastviny) .....	102
Obr. 50 Ukázky 4 různých částí Klášterecka, které až do začátku 90. let byly obdělávané jako pole .....	102
Obr. 51 Rozšíření zástavby města v polovině 18. století .....	107
Obr. 52 Areál porcelánové manufaktury z konce 18. století .....	107
Obr. 53 Část porcelánky z 19. století (vlevo). Pohled na již zčásti zdemolovanou porcelánku v 70. letech 20. století (vpravo) .....	107
Obr. 54 Severovýchodní pohled z radniční věže na stavbu porcelánky (zač. 20. století, vlevo) a na dnešní podobu bytové výstavby (vpravo) .....	108
Obr. 55 Rozšíření zástavby města v polovině 19. století .....	108
Obr. 56 Vývoj počtu obyvatel na jeden dům (nerozlišeného určení) .....	109
Obr. 57 Rozšíření zástavby města v polovině 20. století .....	109
Obr. 58 3D temporální geovizualizace etap územního vývoje města od poloviny 18. století do současnosti .....	110
Obr. 59 Schéma procesu vzniku tematického obsahu alternativních scénářů .....	112
Obr. 60 2D vizualizace scénářů v modelové ploše 1. řádovostní úrovně .....	117
Obr. 61 Schéma databáze tvořená datovými vrstvami (vlevo) a logicky integrovaná databáze (vpravo) .....	119
Obr. 62 Model reliéfu s ortofoto snímkem a blokovým modelem zástavby u Klášterce nad Ohří .....	120
Obr. 63 Perspektivní pohled na blokový model Klášterecka (výřez s Kláštercem nad Ohří) .....	120
Obr. 64 Schéma využití nástrojů pro tvorbu modelu města, v bílých rámečcích jsou nástroje a datové struktury a v černých jsou výsledky. ....	122
Obr. 65 Výřez severozápadní části modelu města (bez fasád), která byla ručně modelována v programu SketchUp .....	123
Obr. 66 Výřez severozápadní části modelu města (s fasádami), která byla ručně modelována v programu SketchUp .....	123
Obr. 67 Externí modely stromů (vlevo smrk, vpravo dub) .....	124
Obr. 68 Schéma systému CAVE .....	125

<i>Obr. 69 Architektura VR systému .....</i>	<i>126</i>
<i>Obr. 70 Testování blokového modelu zástavby na digitálním modelu reliéfu se zobrazenými vrstevnicemi v CAVE (fotografie upravená z důvodu větší ilustrativnosti).....</i>	<i>127</i>
<i>Obr. 71 Závislost mezi počtem uživatelů a úrovní imerze z hlediska použití technologií (3D monitor, MOSTES, GEOWALL) .....</i>	<i>130</i>
<i>Obr. 72 Graf znázorňující bodové hodnocení atraktivity technologií respondenty.....</i>	<i>131</i>
<i>Obr. 73 Graf zastoupení odpovědí na otázku "Kde se nejčastěji setkáváte s 3D projekcí" strukturované dle věku respondentů .....</i>	<i>132</i>
<i>Obr. 74 Upravený decizní trojúhelník – posílení vazeb mezi účastníky, především ve vztahu k veřejnosti.....</i>	<i>135</i>

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Modelové páry plošek - porovnání segmentace a ruční vektorizace z hlediska délky plošky a plochy plošky (letecký měříčský snímek pro rok 1996) .....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 2 Obce a části obcí vymezující Klášterecko .....</i>	<i>59</i>
<i>Tab. 3 Charakteristika Return Beam Vidicon (RBV) – LANDSAT 1 .....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 4 Charakteristika Multispectral Scanner (MSS) – LANDSAT 1 .....</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 5 Charakteristika Thematic mapper (TM) – LANDSAT 5 .....</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 6 Charakteristika Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) – LANDSAT 7 ...</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 7 Vlastnosti zakoupených sad leteckých snímků .....</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 8 Střední kvadratická chyba RMSE (velikost v pixelech) .....</i>	<i>75</i>
<i>Tab. 9 Tematické databáze .....</i>	<i>80</i>
<i>Tab. 10 Klasifikační systém interpretovaných geoprvků vytvořený na základě upravené CORINE Land Cover klasifikace .....</i>	<i>90</i>
<i>Tab. 11 Památné stromy v modelovém území.....</i>	<i>96</i>
<i>Tab. 12 Bilance zastavitelných ploch.....</i>	<i>113</i>
<i>Tab. 13 Typy scénářů modelové plochy 1. řádovostní úrovně a jejich charakteristika .....</i>	<i>115</i>
<i>Tab. 14 Rozdělení nejvhodnějších technologií z hlediska typů uživatelů .....</i>	<i>129</i>
<i>Tab. 15 Význam technologie používané pro zvýšení atraktivity a zapojení veřejnosti do procesu územního plánování.....</i>	<i>131</i>
<i>Tab. 16 Zastoupení odpovědí na otázku "Kde se nejčastěji setkáváte s 3D projekcí?", strukturované dle věku respondentů .....</i>	<i>132</i>

## Seznam zkratk

3D	trojrozměrný
3DCM	„Three-Dimensional City Models“ (trojrozměrné modely měst)
angl.	anglicky
AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
BPEJ	Bonitované půdně ekologické jednotky
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
CORINE	Coordination of Information on the Environment
DMÚ 25	Digitální model území v měřítku 1:25 000
DMR	Digitální model reliéfu
DPI	„dot per inch“ počet obrazových bodů (pixelů) na palec (2,54 cm)
DPZ	Dálkový průzkum Země
FŽP UJEP	Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně
GIS	Geografické informační systémy
GUI	Graphical User Interface (grafické uživatelské prostředí)
HD	High Definition (rozlišení 1280x720 px)
IALE	International Association of Landscape Ecology
IMG	rastrový grafický formát
MIDAS	Metainformační systém
MMU	Minimální mapovací jednotka
MOSTES	Mobilní stereoskopická systém
MPSV	Ministerstvo práce a sociálních věcí
MUC	Modified UNESCO Classification
OPRL	Oblastní plány rozvoje lesů
Sb.	sborníku
S-JTSK	souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
TFW	TIF World (georeferencovaný rastrový grafický formát)
TIFF	Tag Image File Format (rastrový grafický formát)
TIN	„Triangulated Irregular Network“ (nepravidelná trojúhelníková síť)
ÚHUL	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem
ÚPP	Územně plánovací podklady
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
vGEO	Virtual Global Explorer and Observatory (software umožňující práci s 3D modely v CAVE)
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský

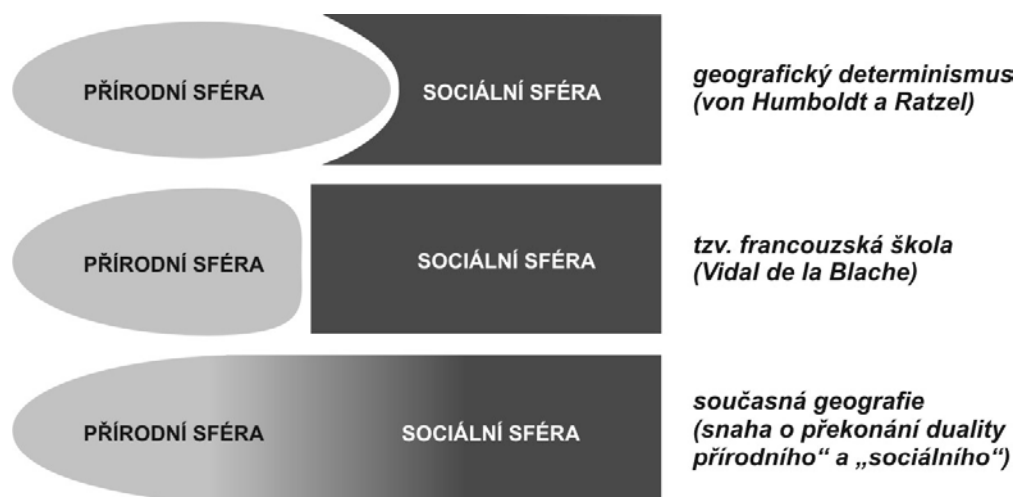
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language
VŠB-TU	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
WYSIWYG	What you see is what you get.
ZABAGED	Základní báze geografických dat

## 1 Úvod

Předkládaná práce je prací nutně interdisciplinární ať již z důvodu objektu studia – alternativní scénáře v prostředí virtuální reality, tak z hlediska použitých metod. Obecně je možné říci, že práce vychází z geograficky definovaného a utvářeného prostoru/regionu, který se snaží zkoumat a následně i zobrazit pomocí moderních geoinformatických metod. Autor ve shodě se Sýkorou (2008) považuje za nutné podchycení mechanismů utváření, vývoje a transformací komplexních dynamických geografických systémů, a to při zdůraznění role hlavních nositelů, kteří mechanismy uvádějí v chod (aktérů v případě sociálně-geografického subsystému a přírodních sil u fyzicko-geografického subsystému). Autor považuje také pro geografii za životně důležité tyto mechanismy zkoumat geoinformatickými metodami, jako např. dálkový průzkum Země, digitální zpracování obrazu, nebo používat moderní statistické metody sledující prostorové pravidelnosti nebo naopak výjimečnosti. Tento stav je výsledkem současného i historicky prolínajícího se vývoje geografie a geoinformatiky.

Vzájemné vztahy mezi sociální a přírodní sférou jsou zkoumány již od antiky. Vědecký rámec zkoumání těchto vztahů dává na konci 19. století F. Ratzel, který definuje tzv. geografický determinismus. Ratzel obecně přeceňuje význam přírodního prostředí, když tvrdí, že „Země, tj. přírodní prostředí, je neměnné a každému člověku je souzeno žít na určitém místě zemského povrchu a podřídit se tamním přírodním zákonům“. Názorový protipól k jeho postoji na přelomu 19. a 20. století zastával francouzský geograf Paul Vidal de La Blache, který představuje geografický indeterminismus jako myšlenku nezávislosti člověka na přírodních podmínkách, resp. geografické prostředí je jen rámcem pro rozvoj společnosti a hybnou silou změn geografického prostředí je svobodná vůle člověka (Obr. 1).





Obr. 1 Geografický determinismus, resp. indeterminismus

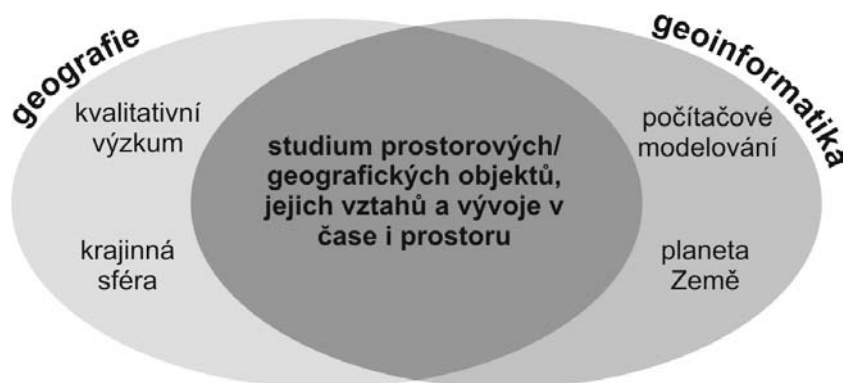
Pramen: (Anděl a kol., 2005)

V období mezi válkami a především po 2. světové válce se ve výzkumu krajiny začíná projevovat pozitivismus<sup>1</sup> a probíhá především matematizace a informatizace - využívání statistických analýz ve výzkumu stavu a vývoje krajiny. Velký vliv na tuto skutečnost má především rozvoj výpočetní techniky a dálkového průzkumu Země. Přičemž dálkový průzkum Země jako budoucí hlavní zdroj informací o krajině a výpočetní technika jako nástroj, který je tyto informace schopen uchovat a zpracovat. Tento příhodný stav využívají geografie nebo nově vznikající obory, jako např. geografické informační systémy nebo krajinná ekologie<sup>2</sup>, která díky zkoumání leteckých snímků rozšiřuje biologické zkoumání krajiny o studium geografických prostorových vztahů.

Historicky má geoinformatika velmi blízko k Schaeferovo (1953) vědeckému pojetí geografie, které představil ve článku *Exceptionalism in geography: a methodological examination*. Podle Schaefera musí geografie věnovat pozornost prostorovému rozložení jevů, a nikoliv jevům samotným. Podobně mají geografa zajímat prostorové vztahy a nikoliv již vztahy ostatní. Jde o názor zdůrazňující autonomii „prostorového“, který se značně rozšířil během tzv. kvantitativní revoluce a vedl k pojetí geografie jako prostorové vědy (Sýkora, 2008).

<sup>1</sup> Založen filozofem Augustem Comtem (1798 – 1857), představuje 1. skutečně vědeckou metodologii. Klade důraz na empirické pozorování jako metodu, na které lze sestavit jediný skutečný obraz světa.

<sup>2</sup> Termín krajinná ekologie používá poprvé v roce 1939 Carl Troll (Lipský, 1999).



Obr. 2 Vztah mezi geoinformatikou a geografii

Pramen: autor

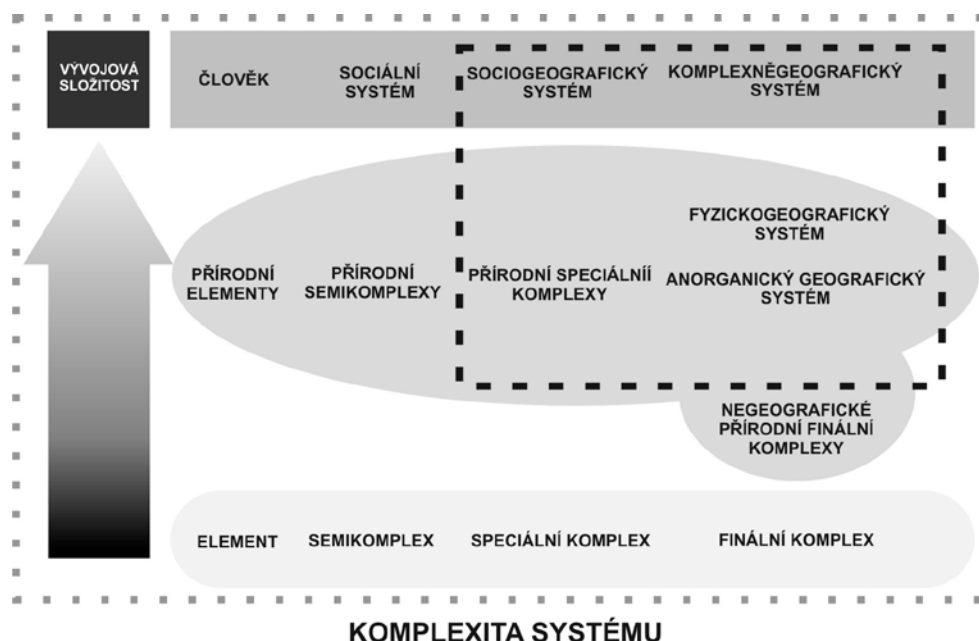
V souvislosti s pozitivismem a rozvojem informatiky se zároveň objevuje i kritika pozitivismu s důrazem na negativa redukcionismu<sup>3</sup>.

V geografii se v reakci na kritiku pozitivismu (závislost na datech a empirii) rozšiřují kvalitativní metody výzkumu a holistický<sup>4</sup> přístup ke zkoumání krajiny. Významným prvkem zachování a rozvoje pozitivismu v geografii (v oblasti statistických a prostorových analýz) se stává dynamický rozvoj geografických informačních systémů a později i samostatné vědy geoinformatiky.

Plnohodnotné propojení „přírodního“ a „sociálního“ je úspěšné až v novější době v souvislosti s problémy globalizace (Hampl, 1998) a také díky geoinformatice, která umožňuje některé problémy globalizace zkoumat efektivněji a mnohem komplexněji. Pro moderní fyzickou geografii je nosné hledisko ekologické s rozšiřujícím se zájmem o sociální důsledky. Obdobně se sociální geografie intenzivně zajímá i o otázky životního prostředí. Lze hovořit o překonání silné duality „přírodního“ a „sociálního“ a o postupné interakci společnosti a přírody vrcholící v úsilí po vytvoření kvalitativně vyššího vztahu společnosti k přírodě, vztahu kooperačního typu – princip udržitelného rozvoje (Anděl a kol., 2005).

<sup>3</sup> Redukcionismus jako myšlenkový směr, který se snaží zkoumat celek jako soubor jednotlivých částí.

<sup>4</sup> Holistický přístup – krajinu jako systém nelze zkoumat na základě analýzy jednotlivých částí, ale zkoumáním krajiny jako systému (jeho vazeb, procesů a principů) (Sklenička, 2003).



Obr. 3 Klasifikace reálných systémů a specifikace systémů sociálních a sociogeografických

Pramen: (Anděl a kol., 2005)

V 80. letech se projevuje vliv tzv. geografického realismu - myšlenkového směru, který dává důraz na ověřování teoretických závěrů v praxi a tím rozvoji terénního výzkumu. Na tuto skutečnost reagovala praxe krajinného plánování v zahraničí s vyspělým plánováním podpořeným komplexními datovými zdroji a zájmem veřejnosti.

Na konci 20. století postmoderní geografie znovu objevuje regionální výzkum – prosazují se lokálně zaměřené projekty na menší území. Při jejich analýze je možné zjistit, že významná část takových studií je zaměřena na výzkum především periferních, popřípadě suburbánních, prostor a metodicky je pak opřena především o analýzy změn využití území a krajinného pokryvu (Land use / Cover Change). V rámci těchto prací se objevují metodické koncepce regionální identity a reaktivace kulturní paměti v krajinném plánování, resp. při tvorbě alternativních scénářů budoucího vývoje krajiny (Oršulák a kol., 2007).

V našich podmínkách začaly být od 80. let 20. století zpracovávány komplexní studie věnované městským krajinám a jejich rozvoji. Studie zpracovávané ve Výzkumném ústavu výstavby a architektury byly známy jako generely životního prostředí měst a integrovaly poznatky o fyzickogeografických podmínkách s populačními a kulturně-historickými charakteristikami (Anděl a kol., 1992).

Na přelomu 20. a 21. století se výzkum krajiny zintenzivňuje, především díky rozvoji kvalitativních a kvantitativních metod v geografických informačních systémech, dálkového průzkumu Země a zapojení veřejnosti do tvorby krajiny. Jednou pro práci z významných akcí, která dává důraz na integraci a interdisciplinaritu poznatků v krajinném plánování, byl workshop (*From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of Integration, Education and Application*) ve Wageningenu v Nizozemí v roce 2005. Workshop především ukázal směr moderního výzkumu krajiny ve smyslu implementace integračních koncepcí.

Mimo integraci přírodních a sociálních složek krajiny je podstatné také hledání vývojových trajektorií interakcí těchto složek a jejich projekcí do budoucnosti. Metodicky vycházejí multitemporální výzkumy krajiny zpravidla z dat evidence pozemků<sup>5</sup> (Kupková, 2001), historických digitalizovaných kartografických podkladů (Brůna a kol., 2003) a vektorizace a interpretace leteckých snímků (Prchalová, 2001), což odpovídá statistickému základu hodnocení změn využití krajiny a krajinného pokryvu a charakteru geografických informačních systémů jako nástroje pro práci s rozsáhlými datovými soubory. Současné geoinformatické technologie však dnes nabízejí širší spektrum aplikací integrujících socioekonomická a environmentální data včetně vícerozměrných vizualizací a modelování scénářů vývoje krajiny formou implementace historické i současné fotodokumentace do modelů (Oršulák a kol., 2007).

Dalším vývojovým a technologickým stupněm při zobrazování krajiny je využití prostředí virtuální reality. Zajímavým z pohledu vývoje virtuální reality se jeví fakt, že již od počátku (období 50. let 20. století) se virtuální realita používá k zobrazování krajiny, a přesto se pro praktické využití při plánování krajiny implementuje až od začátku 21. století.

Využití virtuální reality při plánování krajiny je vhodné nejenom ze své podstaty „umožnění tvorby ‚reálných‘ alternativních scénářů vývoje krajiny“, ale především pro zefektivnění vztahů mezi zástupci měst a regionů, odborníky, developerem a veřejností díky možnosti WYSIWYG - „What you see is what you get“<sup>6</sup> (Co vidíš, to dostaneš.), nebo jak jmenované nazývají odborníci z Arizonské státní univerzity - „Decision Theatre“ (Divadlo rozhodování).

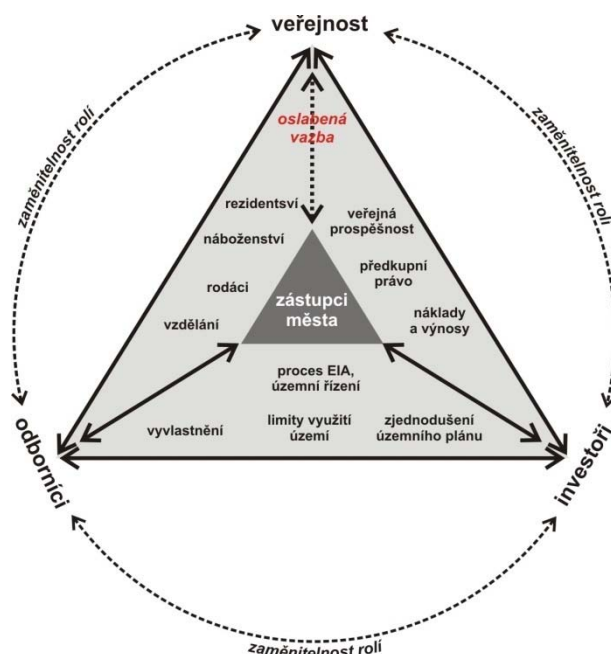
---

<sup>5</sup> Kolektiv autorů pod vedením doc. Ivana Bičíka z Univerzity Karlovy v Praze.

<sup>6</sup> WYSIWYG je znám spíše pod významem určitého typu GUI v oblasti aplikačního softwaru. Autor význam pro účely této práce rozšiřuje a využívá jej pro tvorbu možných scénářů krajiny.

Vhodnost, příp. úspěšnost užití virtuální reality v praxi oproti klasickým dvourozměrným prostředkům byla již v zahraničí několikrát empiricky dokázána (Kirschenbauer, 2005).

Oproti tomu je již několik let v periferních oblastech ČR citelný nedostatek veřejného zájmu při plánování krajiny a tvorba územních plánů tak de facto probíhá bilaterálně mezi zástupci města, investory a odborníky, kteří tyto dokumenty vytvářejí. Veřejnost, která dotváří tzv. decizní trojúhelník (Oršulák a kol., 2007), se této tvorbě účastní buď parciálně (při konkrétním zásahu do jejich zájmů), nebo se neúčastní vůbec.



Obr. 4 Idea decizního trojúhelníku s vybranými činiteli při rozhodovacím procesu

Pramen: autor

Předkládaná disertační práce je výsledkem autorova dlouhodobého zájmu o danou problematiku, který vznikl jako syntéza několika vlivů. Prvním a základním hlediskem bylo studium geografie a matematiky na Univerzitě J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, které bylo motivující v zájmu o využití moderních technologií při zkoumání krajiny. Výsledkem se v roce 1999 stalo obhájení diplomové práce na téma Digitální modely reliéfu a jejich využití, přičemž jako modelové území byla vybrána Doupovská pahorkatina, území rozkládající se na severovýchodním okraji Doupovských hor. Následné působení na katedře geografie a specializace na geografické informační systémy implikovalo doktorské studium na VŠB-TU v Ostravě. Technicky zaměřené doktorské studium a jeho vliv způsobil prohlubování zájmu o výzkum krajiny a její vizualizaci pomocí nejmodernějších technologií. Tento zájem byl podpořen i materiálně-technickým zázemím, které umožnilo

vytvořit podmínky pro zpracování předkládané disertační práce v Centru pro virtuální realitu a modelování krajiny. Dílčí části práce jsou tedy výsledkem dlouhodobé práce na tématu a v území autorovi blízkém. Jednotlivé výsledky práce byly z větší části publikovány v monografiích nebo odborných časopisech a prezentovány na konferencích US 2008 - *Modelling future scenarios of a rural-urban landscape*), PECSRL - The Permanent European Conference for the Study of the Rural Landscape - *Virtual landscapes in landscape ecological research a Landscape memory: Continuity and discontinuity in landscape development trajectories*; workshopech v Lipsku (*Political Controversies on Maps*) a v Ústí nad Labem (*Geoscape*) a mnoha dalších.

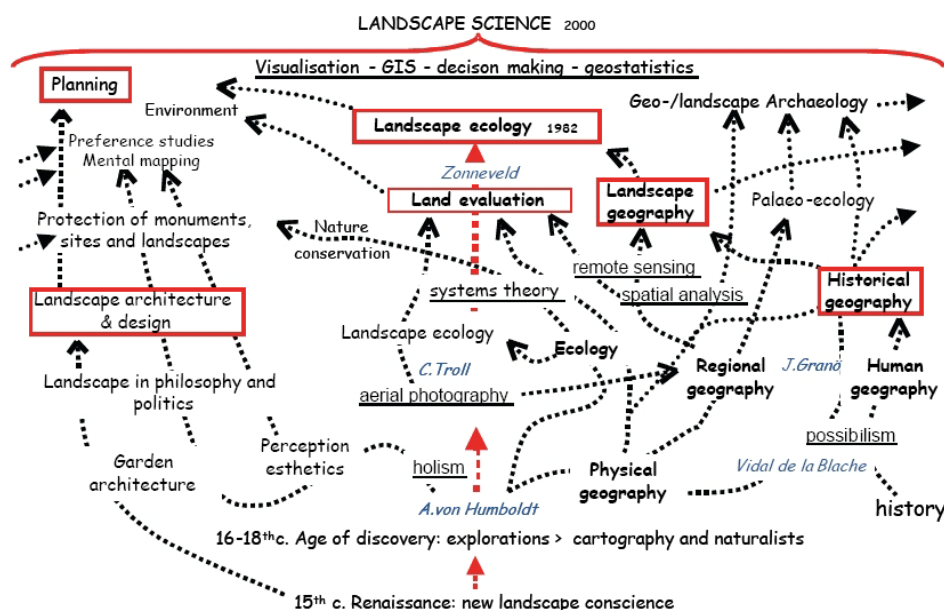
Práce má dvě základní roviny: geografická, popř. krajinně-ekologická, rovina se zabývá analýzou a hodnocením podkladů pro vizualizaci alternativních scénářů. Geoinformatická rovina se zabývá využitím moderních metod zpracování obrazu, kvantitativního hodnocení vývoje krajiny a následně využitím 3D technologií a virtuální reality pro samotnou vizualizaci. Tyto dvě roviny jsou zčásti v práci logicky oddělené, vizualizace následuje jako jeden z finálních kroků po vytvoření scénářů, ale zčásti se i překrývají – pro zpracování scénářů jsou nutné moderní geoinformační technologie – např. objektová klasifikace, zpracování leteckých a satelitních snímků, výpočet krajinných metrik apod.

## 1.1 Dosavadní stav problematiky a zaměření výzkumu

Tvorba alternativních scénářů vývoje krajiny za pomoci potenciálu virtuální reality je téma, které u nás zatím není zdaleka diskutováno a zkoumáno tak, jak je tomu v jiných vyspělých zemích. Důvodů, které tento stav zapříčiňují, je několik, zásadní je pravděpodobně technologická a finanční náročnost implementace této problematiky do procesu plánování krajiny. Jistou roli hraje i tradicionalismus při vytváření územně plánovacích dokumentů. Stav se ale velmi rychle mění, právě díky vývoji a implementaci moderních technologií do běžného života. V době dokončování disertační práce, a při retrospektivním pohledu na začátek práce, je vidět technologický „skok“ v podobě implementace technologií pro 3D modelování a vizualizaci. Spíše než technologická nevypěstlost se tedy stává hlavní příčinou pomalého vývoje v této oblasti nechuť zavádět technologie umožňující větší iniciativu veřejnosti v oblasti vlivu na podobu krajiny v ČR.

Jednou ze zásadních a klíčových otázek při studii vývoje krajiny je: „Jak vypadala krajina v minulosti, jak vypadá v současnosti, k jakým změnám došlo v aspektu kvalitativním a kvantitativním a jaký vývoj krajina bude mít v budoucnosti?“

Při vizualizaci krajiny se jeví jako velmi důležité otázky: „Pro koho je vizualizace určena, za jakým účelem bude vytvořena, jaké technologie využívá?“ Obecně lze konstatovat, že vizualizace krajiny by měla dávat odpovědi na otázky, popř. za její pomoci hledat nová řešení na reálné existující problémy. O nezbytnosti využití moderních technologií při plánování krajiny se diskutovalo již na přelomu 20. a 21. století a v současnosti je využití těchto technologií většinou zaručeno zákonnými normami. Například (Ervin, 2001) nebo (Antrop, 2000) dokazují, že při výzkumu a plánování krajiny je nezbytné využívat počítačové technologie a blízce spolupracovat s počítačovými experty. Ervin také uvádí jeden ze základních konfliktů mezi abstrakcí a zjednodušením na jedné straně a požadavkem realistické vizualizace na straně druhé. Dále vyvozuje, že jedna ze základních otázek, kterou si klade množství odborníků na modelování krajiny, je: „Je reakce uživatele/diváka na virtuální (v jeho případě nehmotný) model ekvivalentní s reakcí na krajinu *in situ*? A pokud ne, jaké aspekty vizualizace jsou zásadní?“ Bishop a kol. (2001) tvrdí, že bychom měli „naladit“ své myšlení na výhody využití virtuální reality při výzkumu krajiny, než hledět na problémy, které zavádění těchto technologií doprovázejí.



Obr. 5 Vývoj věd o krajině spěje k propojení s vizualizací, GIS, geostatistikou a procesem rozhodování o krajině

Pramen: (Antrop, 2000)

V zahraničí se problematika implementace virtuální reality a 3D vizualizace do procesu plánování krajiny v posledních letech diskutovala například v odborných článcích (Sipes a kol., 2007), (Lovett a kol., 2003), (Tress a kol., 2003), (Lovett a kol., 2002), (Brown a kol., 2002), (Honjo, 2001). Kapitoly věnující se této problematice jsou součástí nově vydávaných geoinformatických studijních textů zaměřených na vizualizaci, jako např. Exploring Geovisualization (2005), Multimedia Cartography (2007), Cartography for GIS (2005) atd.

Zatímco Qing Zhu (2009) z Wuhan University se věnuje problematice 3DCM (three-dimensional city models) a jejich implementaci při řešení problémů při výstavbě a jeho práce spíše směřují do problematiky architektury měst. Lovett je ve své práci z roku 2002 ve svém pojetí implementace virtuální reality do plánování bližší geografii, kdy si všímá nejenom technologického procesu, ale věnuje se krajině v širším měřítku. Zpracovává statistická šetření, kde představuje vliv respondentů na budoucí podobu krajiny.

Také je nutné zmínit umělá prostředí, která se díky internetu od poloviny 90. let šíří mezi uživateli. Jako nejúspěšnější a nejrozsáhlejší projekt současnosti se ukazuje Second Life s 15 miliony virtuálních obyvatel. Projekt vznikl v roce 1999 a jeho současná podoba existuje od roku 2003. Projekt se stal velmi zajímavým experimentem, kde uživatelé bez hmotných omezení, ale s většinou běžných životních situací a problémů, žijí své virtuální životy.



Je nutné poznamenat, že plánování virtuální krajiny samotnými uživateli (využívající koncept Web 2.0<sup>7</sup>) je pro reálné plánování krajiny velmi důležité a pro odborníky by bylo jistě vhodné sledovat, jakým směrem se vývoj krajiny v Second Life ubírá. Steins (2007) přirovnává plánování v Second Life k 19. století, kdy bohatí vlastníci pozemků kontrolovali a určovali vývoj krajiny. S přihlédnutím na vývoj počítačové grafiky přidává názor, že nebude dlouho trvat a odborníci se budou při plánování krajiny setkávat ve virtuálním prostředí jako Second Life. Potenciálem Second Life pro územní plánování se také zabývá Foth a kol. (2009). Jiným zaměřením, ale stejně globálním projektem, se stává Google Earth, který i přes své komerční prostředí nabízí uživatelům opět dle konceptu Web 2.0 možnost spoluvytvářet obsah tematických informací, včetně tvorby 3D modelů.

Koncept Web 2.0 je významný i z pohledu zesílení integračních a interdisciplinárních metod při plánování krajiny. Velmi zajímavými experimenty se jeví zapojování široké veřejnosti při plánování krajiny skrze sociální sítě. Např. projekt „Praha podle Vás“ realizovaný na sociální síti Facebook měl za cíl zapojit širší veřejnost do změn v Praze v podobě realizace menších projektů zlepšujících konkrétní problémy. Projekt byl dle mého názoru úspěšný a je možné očekávat, že se bude opakovat. Z určitého pohledu se může jevit tento projekt jako nekoncepční, protože veřejnost by se měla výrazněji zapojit již při přípravě územního plánu. Přesto je myšlenka zapojení sociálních sítí živá a umožňuje nejenom zapojení veřejnosti, ale i celého spektra odborníků.

---

<sup>7</sup> Jedna z vlastností konceptu web 2.0 spočívá v tvorbě obsahu webu samotnými uživateli, tato vlastnost je typická i pro Second Life.

## 1.2 Cíle práce

Cíle disertační práce vyplývají z několika základních východisek. Části práce vznikly jako výsledky projektu MPSV (Metodika hodnocení sociálních a ekologických souvislostí ekonomické transformace: teorie a aplikace), na kterém se autor podílel. Vyplývají z dlouhodobého zájmu autora o problematiku 3D modelování a virtuální realitu, který vyústil v publikování několika článků k dané tematice a vytvoření Centra pro virtuální realitu a modelování krajiny. Posledním východiskem je zájem aplikační sféry - potvrzené dotazníkovým šetřením a expertními rozhovory - o výsledky takové práce.

Cíl práce vychází z propojení geografických, popř. krajinně-ekologických, a geoinformatických metod. Alternativní scénáře jsou tvořeny na základě znalostí získaných ze sledování dlouhodobého vývoje krajiny v modelovém území, z platných územních plánů a z realizovaných sociologických šetření. Na scénáře a jejich vizualizaci je kladen požadavek vysoké úrovně reálnosti, která je dosažena využitím různých druhů 3D modelů a prostředím virtuální reality. Hlavní cíl v tomto pojetí vyžaduje splnění několika dílčích cílů.

Cílem disertační práce je analýza a hodnocení možností virtuální reality pro vizualizaci vývoje, stavu a možných alternativních scénářů krajiny. Pro splnění cíle je nutné definovat a splnit několik dílčích cílů:

1. Na základě analýzy dostupných metod, zdrojů a literatury vymezit vhodný systém pro výzkum horizontální struktury a chronostruktury krajiny. Na základě uvedeného systému provést stanovení změn krajiny v modelovém území za posledních cca 150 let pomocí moderních geoinformatických metod. Splnění cíle je podmíněno:
  - a. výběrem vhodných datových zdrojů a jejich primárním zpracováním;
  - b. analýzou datových zdrojů z dálkového průzkumu Země a stanovením vhodné metody pro získání kvantitativních a kvalitativních charakteristik;
  - c. hodnocením vývoje krajiny a stanovením alternativních scénářů vývoje krajiny.
2. Vytvoření modelů krajiny na vybraných řádovostních úrovních a jejich vizualizace v prostředí virtuální reality:
  - a. na základě vymezení modelových ploch navrhnout architekturu VR (Virtual Reality) systému, který by byl vhodný pro vizualizaci těchto modelových ploch;

- b. zpracovat modely krajiny, popř. jejich části, pro aplikaci v navrženém systému;
- c. provést testování systému s modely v prostředí virtuální reality za využití systému CAVE (Cave Automatic Virtual Environment);
- d. na modelové ploše analyzovat možnosti vizualizace alternativních scénářů krajiny (zohledňující vývoj horizontální struktury krajiny, permanentní fragmenty krajiny, požadavky „decizního“ trojúhelníku);
- e. navrhnout možnosti implementace vizualizace krajiny (modely, scénáře) v prostředí virtuální reality v rámci územně schvalovacího procesu.

### 1.3 Struktura práce

Předkládaná práce je rozdělena do 4 hlavních kapitol, které jsou dále dle potřeby členěny do dalších dvou úrovní podkapitol.

Práce začíná úvodem, v němž se autor snaží poukázat na nutnost propojení geografické výzkumu a geoinformatických metod. Nastiňuje stručný pohled na vývoj geografie a geoinformatiky ve vztahu ke zkoumání krajiny. Úvod končí vymezením důvodů pro výběr tématu a tvorbu práce. Následující část stručně shrnuje základní momenty dosavadního stavu problematiky, v závěru je již nastíněn jeden z možných směrů vývoje vizualizace krajiny v podobě umělých virtuálních světů.

Následuje metodická část, kterou je možné rozdělit na části syntetizující informace a metody získané z literatury a na části analyzující vybrané metody, např. porovnání přesnosti geometrických charakteristik párů plošek získaných metodou objektové klasifikace a ruční vektorizací a interpretací. Z hlediska obsahového tato kapitola postupuje od popisu obecného vývoje krajiny v ČR, k výběru metod pro hodnocení horizontální struktury a chronostruktury krajiny, k analýze virtuální reality jako prostředí vhodného pro vizualizaci krajiny. Zakončuje ji tvorba alternativních scénářů. Druhá část této kapitoly začíná analýzou výběru modelových ploch v modelovém území a dále pokračuje výběrem vhodných datových zdrojů pro posouzení vývoje krajiny.

Třetí aplikační část je uvedena stručnou charakteristikou území. Navazující podkapitoly na základě metod uvedených v metodické části kvantifikují a hodnotí strukturu krajiny v modelovém území (3. řádovostní úroveň) v jednotlivých časových horizontech a stavebně historický vývoj Klášterce nad Ohří (2. řádovostní úroveň). Dále jsou sestaveny tři základní alternativní scénáře, které představují možný vývoj vybrané modelové plochy (1. řádovostní úroveň). Závěr této kapitoly tvoří 3 důležité části popisující tvorbu modelů krajiny, návrh architektury systému umožňující tyto modely vizualizovat v prostředí virtuální reality a využití virtuální reality pro vizualizaci krajiny a jejich scénářů včetně návrhu implementace využití v rámci rozhodovacího procesu o změnách v krajině.

Závěrečná kapitola shrnuje výsledky výzkumu a práce a předkládá výhledy pro budoucí výzkum.

Převážná část práce byla již publikována v recenzovaných časopisech, sbornících nebo monografiích, níže je uveden výběr<sup>8</sup> nejdůležitějších z nich s odkazem na konkrétní kapitoly práce nebo jejich části.

Podle jejich přínosu jednotlivým kapitolám je možné je rozdělit:

### **Charakteristika vývoje modelového území, popř. možnosti využití vícerozměrných vizualizací**

Oršulák, T., Raška, P. (2010): *Geovisualization of an Urban Landscape Development: Application to Participatory Regional Planning: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios*. Urban and Landscape Perspectives , Vol. 7. Springer, 145-157 pp., ISBN 978-90-481-3051-1.

Oršulák, T. a kol. (2009): *Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny, III. na mapách a fotografiích severozápadních Čech*. Kartografie a.s., Praha, 135 s., ISBN 978-80-7393-064-6.

Anděl, J., Balej, M., Jeřábek, M., Oršulák, T., Raška, P. (2008): *Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny, II. díl. Vývoj environmentálního stresu v severozápadních Čechách v období transformace*. MINO, Ústí nad Labem, 176 s. ISBN 978-80-254-3781-0.

Oršulák, T., Raška, P., Suchevič, S. (2007): *Rekonstrukční vícerozměrná geovizualizace městských krajin: příkladová studie a perspektivy*. Historická geografie 34, HÚ AV ČR, Praha, s. 334-350, ISSN 0323-0988.

Anděl, J., Jeřábek, M., Oršulák, T. (2002): *Vývoj sídelní struktury a obyvatelstva pohraničních okresů Ústeckého kraje*. Acta Universitatis Purkynianae 88, Studia Geographica IV., UJEP Ústí n. L., s. 229. ISBN 80-7044-493-2.

### **Hodnocení vývoje a struktury krajiny**

Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2010): *Environmental Stressors as an Integrative Approach to Landscape Assessment: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios*. Urban and Landscape Perspectives , Vol. 7. Springer, 29-42 pp., ISBN 978-90-481-3051-1.

Balej, M., Anděl, J., Oršulák, T., Raška, P. (2008): *Development of environmental stress in the northwestern part of Czechia: new approaches and methods*. Geografie 113 (3), s. 320-336, ISSN 1212-0014.

Balej, M., Anděl, J., Oršulák, T. (2008): *Land use changes in relation to environmental stress indicators*. In: Boltižiar, M. (Ed.): *Implementation of Landscape Ecology in New and Changing Conditions*. Proceedings of the 14th International Symposium on Problems of Landscape Ecological

---

<sup>8</sup> Komplettní seznam je dle směrnice děkana HGF VŠB-TU Ostrava na konci práce.

Research, 4–7 October 2006, Stará Lesná, High Tatra Mts., Slovak Republic. Institute of Landscape Ecology of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, branch Nitra, pp. 17-27, ISBN 978-80-89325-03-0.

Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2007): *Environmental stressors and stress as a natural/human interdisciplinary issue: a case study from the northwestern part of the Czech Republic*. Acta Universitatis Carolinae Geographica, UK Praha, r. 42, č. 1-2, pp. 53-74.

Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2007): *Landscape Memory: Finding a Development Landscape Trajectories (Case Studies from Czech Republic)*. Geografické informácie 11, Edícia: Prírodovedec č. 259 Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra, p. 7-13, ISBN 978-80-8094-137-6.

Anděl, J., Balej, T., Oršulák, T. (2006): *Geografické hodnocení krajiny Ústeckého kraje*. In: Jeřábek, M. (ed.) Regionální výzkum v severozápadních Čechách, Acta universitatis Purkynianae, Studia Geographica VII, Ústí nad Labem, s. 69-80, ISBN 80-7044-778-8.

Anděl, J., Brzóska, M., Oršulák, T. (2003): *Transformace funkčního využití území v zázemí města Ústí nad Labem*. In: NOVÁK, S. Geografické aspekty středoevropského prostoru. PF MU, Geografie XIV, Brno, s. 152-158, ISBN 80-210-3208-1.

### **Metody a využití vícerozměrných vizualizací krajiny**

Raška, P., Oršulák, T. (2009): Biogeomorphic effects of trees on rock-mantled slopes: searching for dynamic equilibrium. In: Geografický časopis. Bratislava, Vol. 61, no. 1, pp. 19-28., ISSN 0016-7193.

Oršulák, T. (2007): *Multitemporální 3D vizualizace Klášterecka*. In: Fyzickogeografický sborník 5.: Masarykova univerzita Brno, 2007. s. 97-102. ISBN 978-80-210-4508-8.

Oršulák, T. (2003): *Vizualizace dat v softwarovém prostředí Atlas DMT na příkladu zázemí Brně nad Labem*. In: NOVÁK, S. Geografické aspekty středoevropského prostoru. PF MU, Geografie XIV, Brno, s. 317-320, ISBN 80-210-3208-1.

Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2006): *Multitemporální analýza environmentálních stresorů*. In: Kraft, a kol. (eds.): "Česká geografie v evropském prostoru." Sborník abstraktů referátů z XXI. sjezdu ČGS. ČGS a JČU, České Budějovice, s. 76, ISBN 80-7040-879-0

Oršulák, T. (2004): *Reliéf Východního Krušnohoří*. In: Balej M., Anděl J., Jeřábek, M. a kol. Východní Krušnohoří – geografické hodnocení periferní oblasti. Acta Universitatis Purkynianae 96, Studia Geographica V., UJEP Ústí n. L., barevná příloha, ISBN 80-7044-558-0.

## **Zpracování dat**

Oršulák, T., Raška, P. (2006): *Modelování a vizualizace geomorfologických rizik v projektu GeoScape*. In: Kraft, a kol. (eds.): "Česká geografie v evropském prostoru." Sborník abstraktů referátů z XXI. sjezdu ČGS. ČGS a JČU, České Budějovice, s. 76, ISBN 80-7040-879-0.

Oršulák, T. (2005): *Vytvoření databáze geografických dat pro analýzu vývoje krajiny modelových oblastí České republiky*. In: NOVÁK, S. Geographical Aspects of Central European Space. PF MU, Geografie XVI, Brno, s. 59–60, ISBN 80-210-3759-8.

Balej, T., Oršulák, T. (2005): *Transformace geodat a vytváření geografické databáze pro řešení CEP projektu*. In: Zborník VI. vedeckej konferencie doktorandov 2004/2005. Nitra, FPV UKF, s 226–229, ISBN 80-8050-813-5.

## **Tvorba mapových výstupů a jejich vizualizace na internetu**

Jeřábek, M., Kowalke, H., Oršulák, T. a kol. (2006): *Atlas euroregionu ELBE/LABE jako prostředek vzájemného přeshraničního poznávání*. MINO Ústí n. L. 2006, s. 126. ISBN 80-239-6862-9.

Oršulák, T. (2005): *Charakteristiky internetových map*. In: Lauko, V. (ed.): Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae Geographica Supplementum No. 3, Univerzita Komenského, Bratislava, s. 415–424, ISBN 80-223-2144-3, ISSN 0231-715X.

Oršulák, T. (2005): *Problémy a limity vizualizace prostorových dat na Internetu z pohledu českého uživatele*. In: Talhofer, V. (ed.) Mapa v informační společnosti. Univerzita obrany, Brno, s. 190-194, ISBN 80-7231-015-1.

Oršulák, T. (2004): *Specifika atlasu města Ústí nad Labem na internetu*. In: Feranec, J., Pravda, J.: Aktivita v kartografii, s. 270, KS SR a GÚ SAV, Bratislava, ISBN 80-89060-06-4.

Anděl, J., Oršulák, T. (2002): *Atlas města Ústí nad Labem na internetu*. Sborník z 13. kongresu SGS, Nitra, s. 277 - 287, ISBN 80-8050-542-X.

## 2 Metodická část

### 2.1 Dlouhodobý vývoj krajiny

V souvislosti se společenskými a strukturálními změnami na začátku 90. let ve střední a východní Evropě nabyla na významu diskuse o monitorování, resp. usměrňování, socioekonomického rozvoje periferních, venkovských ploch a modelování jejich vývoje v následujících desetiletích. Zájem státní správy a místních samospráv vytvořil podmínky pro výzkum a vývoj nových metod k hodnocení výše uvedeného rozvoje využitím geografických informačních systémů (GIS) a jejich následnou prezentaci pomocí nových geovizualizačních technik.

Modelování možných scénářů vývoje krajiny za pomoci potenciálu geografických informačních systémů s ohledem na její minulost je téma, které nabývá na významu především ve vyspělých zemích. Například Fry ve své práci z roku 2004 vyvozuje, že vývoj krajiny může sloužit jako vzor pro posuzování rozvoje území v rámci krajinného plánování.

Česká krajina byla osídlována již od mladší doby kamenné primitivními zemědělci, tzn. že člověk na našem území mění krajinu již necelých 6 tis. let. Významný kvantitativní a kvalitativní skok při přeměně krajiny v 5. a 6. století znamenal příchod Slovanů na naše území do oblastí dolních toků velkých řek jako Labe, Vltava, Moravy a Ohře. Slované začínají stavět kompaktní vesnice v nejčastějších tvarech „ulicovky“<sup>9</sup> a „návesní vesnice“ a obdělávané plochy leží radiálně okolo vesnice (v případě ulicovky kolmo na osu vesnice). Pole obdělávají pluhem a využívají tzv. úhorovou soustavu.

V období Velkomoravské říše zaniká rodový řád, kdy půda patří všem v daném rodě, a vzniká feudální, kde půda patří jednotlivcům, popř. oborově zaměřeným skupinám jako jsou např. církevní organizace.

Další významnou revolucí je „německá“ kolonizace ve 13. století podporovaná českými panovníky. Tento jev se projevil především osídlováním zalesněných prostor, popř. řídců osídlených území, kde se zakládala nová města, hrady a kláštery. Zajímavým faktorem této kolonizace je její „plánování“, tzv. „lokátor“ na základě dohody s geograficky blízkým šlechticem či církevním představitelem vymezoval nově kolonizované území na jednotlivé parcely kolmo na cestu. Tímto způsobem byly vytvářeny nové vesnice tzv. lánového typu (Máčel, 1954).

---

<sup>9</sup> Ulicovka – typ sídelní jednotky, kdy je zástavba soustředěna podél linie vymezené v případě ulicovky silnicí, ale při širší definici např. potokem či řekou.



Dědičnými procesy docházelo k rozdělování pozemků na pruhy, které se stávaly čím dál více užší a tím obtížněji upravovatelné majiteli. V 18. století logicky nastává proces zcelování z důvodu racionálnějšího hospodaření na pozemcích. 19. století pak přináší největší vlnu tzv. „raabizace“ – prodej neobdělávané panské a církevní půdy bezzemkům. 19. století je významné nejenom z pohledu vlastnických vztahů na pozemcích, ale především z hlediska dynamiky vývoje struktury využívání české krajiny. Na konci 19. století byl ukončen růst plochy zemědělské půdy a pokles zalesněných ploch (Lipský, 1999).

Poslední významnou etapou vývoje české krajiny není období 2. světové války, kdy většina území nebyla výrazně poničena, ale období od konce války do současnosti. Na začátku tohoto období v roce 1945 dochází k diskontinuitám ve vývoji díky vysídlení původního německého obyvatelstva z pohraničního pásu zahrnující de facto celé pohraničí mimo hranic se Slovenskem. Odsunutí většiny obyvatelstva (v některých oblastech úplné vysídlení) mělo fatální důsledky pro následný vývoj částí pohraničí. S některými negativními faktory rozvoje se pohraničí nebylo schopno vyrovnat až do současnosti.

Dalším výrazným zásahem byla celková změna politického systému a hospodářství po roce 1948 spojená s úbytkem venkovského obyvatelstva (nábořem do průmyslu) a násilnou kolektivizací zemědělství. V roce 1949 došlo ke zrušení soukromého vlastnictví a bylo nahrazeno družstevním a státním. Dochází k zániku sídel buď nedosídlením, povrchovými doly nebo vodními díly. Nedosídlení je podporováno umělým sdružováním obcí a úbytkem venkovského obyvatelstva. Díky těmto změnám se až do roku 1989 česká krajina velmi výrazně proměnila ve smyslu zjednodušení krajinné struktury (Lipský, 1999). Po roce 1989 se dynamika těchto negativních změn zčásti zastavila, i když spíše díky zmenšení zemědělské výroby a proměny orných ploch na pastviny než cíleným zásahem zvenčí. Některé negativní změny se ale nově objevují, např. budování velkých průmyslových parků na „zelené louce“ a satelitních sídlišť na krajích velkých měst bez funkčního zázemí hrozí v budoucnosti „ghetizací“, kdy již starší zástavba bude cílem bydlení nemajetnějších vrstev obyvatelstva. Většina těchto změn zasahuje negativně do rázu krajiny<sup>10</sup>, který můžeme obecně vyjádřit především morfologií terénu, charakterem vodních toků a ploch, vegetačního krytu a osídlení.

---

<sup>10</sup> Zákon č. 114/1992 Sb.: *Krajinný ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika místa či oblasti je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umisťování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině.*

V České republice je vývoj krajiny a její budoucí podoba spíše, než zkoumána stanovena územně plánovací dokumentací a v některých případech strategickým plánem rozvoje. Takové pojetí není příliš vhodné, pokud jde o vývoj krajiny. Výjimkou jsou jen plošně rozsáhlé poškozené a neobydlené oblasti po lomové těžbě hnědého uhlí, kde např. Sklenička (2003) tzv. „novou“ krajinu pojímá v souvislosti s historickým vývojem krajiny.

V širším kontextu je objektem zkoumání krajina; rozsah její definice odpovídá účelu využití. V tomto případě budeme využívat pojem krajina pro účely plánování krajiny, a z toho důvodu definujeme krajinu, tak jak je uvedena v české legislativě zákonem č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, paragraf 3, odstavec k:

*Krajina je část zemského povrchu s charakteristickým reliéfem, tvořená souborem funkčně propojených ekosystémů<sup>11</sup> a civilizačními prvky.*

Širší pojetí krajiny a pojmů jako plánování krajiny, ochrana krajiny vymezuje Evropská úmluva o krajině z roku 2000<sup>12</sup>. „Krajina“ znamená část území, tak jak je vnímána obyvatelstvem, jejíž charakter je výsledkem činností a vzájemného působení přírodních a/nebo lidských faktorů. „Krajinná politika“ znamená vyjádření všeobecných zásad, strategií a orientací kompetentními veřejnými orgány, které umožňuje přijetí specifických opatření, zaměřených na ochranu, správu a plánování krajiny. „Cílová charakteristika krajiny“ znamená přání a požadavky obyvatel týkající se charakteristických rysů krajiny, v níž žijí, formulované pro danou krajinu kompetentními veřejnými orgány. Ochrana krajiny znamená činnosti směřující k zachování a udržení význačných nebo charakteristických rysů krajiny, odůvodněné její dědičnou hodnotou, vyplývající z její přírodní konfigurace a/nebo z lidské činnosti. Správa krajiny znamená činnost, která má, z hlediska udržitelného rozvoje, zajistit pravidelné udržování krajiny s cílem řízení a harmonizace změn, jež jsou způsobeny sociálními, hospodářskými a environmentálními procesy. „Plánování krajiny“ znamená činnosti s výhledem do budoucna, které mají za cíl zvýšení hodnoty, obnovu nebo vytvoření krajin.

Velmi významné jsou pro cíle této práce pojmy „*plánování krajiny*“ a „*Cílová charakteristika krajiny*“, kde je explicitně vyjádřena nutnost obnovy krajiny do původního stavu, tzn. zkoumání vývoje krajiny s cílem nalezení původních typů krajin a jejich obnovy. U druhého pojmu je pak zdůrazněn zájem obyvatel krajiny na podobě budoucí krajiny.

---

<sup>11</sup> Ekosystém je funkční soustava živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase.

<sup>12</sup> Ratifikováno v ČR v roce 2004.

Vývoj krajiny je chápán různě, jeden významný názorový proud formovaný od 90. let 20. století okolo amerických autorů Forman a Godron definuje vývoj krajiny jako výsledek 3 vlivů působících na krajinu:

1. geomorfologické pochody;
2. osídlování krajiny jednotlivými organismy;
3. místní krátkodobé disturbance<sup>13</sup> jednotlivých ekosystémů.

Z českých autorů např. Lipský (1999) chápe vývoj krajiny jako sledování změn v krajině na základě sledování změn charakteristik složek krajiny (plošné zastoupení, dynamika změn a prostorová konfigurace).

Podrobnost zkoumání krajiny nelze chápat jen v rovině mikroregionální, ale také v rovině makroregionální, kde jde především o zachycení širšího vývoje krajiny, jejího potenciálu a současného stavu. V souladu s tímto tvrzením dochází k vymezení dvou způsobů mapování krajinné struktury: mapování využití půdy (Land use) v měřítku 1: 10 000–1: 25 000 a mapování krajinného pokryvu v měřítku 1: 50 000–1: 100 000 (Lipský, 2002). Hlavním z prostředků takového zkoumání je dálkový průzkum Země.

Land use je již delší dobu jednou z nejvýznamnějších a nejpoužívanějších metod hodnocení vývoje krajiny. Historicky spočívá především ve zpracování dat z dálkového průzkumu Země (leteckých nebo satelitních snímků). V Česku má i tradici využívání jiných zdrojů především katastru a dalších statistických zdrojů. Výsledkem použití této metody je krajinný pokryv (land cover). Krajinný pokryv (z angl. Land Cover) je definován jako pokryv pozorovatelný ze zemského povrchu nebo z vesmíru. Z definice lze odvodit, že v sobě zahrnuje jak fyzickogeografickou část zemského povrchu (vegetaci, půdy, ...), tak socioekonomickou (zástavba, komunikace, ...), které pokrývají zemský povrch. Feranec (1992) definuje krajinný pokryv jako průmět přírodních prostorových podmínek a zároveň současného využití krajiny.

Land use je naopak definováno (Burley, 1961) jako land cover + land utilization, tzn. že k pochopení land use je nutné poznat jak krajinný pokryv, tak i k čemu jednotlivé typy pokryvu slouží. Podle Baleje (2008) je pro pochopení významu termínu land use nutné podniknout terminologický exkurz k pojmům land, soil, krajina a půda. Anglický termín land se totiž v anglofonních zemích chápe a často i definuje jako krajina, nikoli území či země. Stejný autor uvádí, že dochází k zaměňování obou pojmů v Česku i v zahraničí.

---

<sup>13</sup> V ekologii společenstev tak označujeme událost, která odstraní organismy a vytváří tak prostor pro kolonizaci jedince stejného nebo jiného druhu.

Jisté terminologické sjednocení v tomto směru proniklo s projektem CORINE, který definuje kategorie Land cover. Tato klasifikace byla zčásti využita i v následující práci.

Sledování změn krajiny je možné chápat jako komplex dílčích metod, které postupně řeší několik problémů:

1. časoprostorové vymezení studovaného území;
2. datové zdroje;
3. kvantifikace horizontální struktury a chronostruktury krajiny;
4. vyhodnocení.

## 2.2 Hodnocení horizontální struktury a chronostruktury krajiny

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, sledování změn v krajině je spojeno se sledováním horizontální struktury krajiny a její kvantifikace na základě konkrétních metrik. Logickým následujícím krokem je hodnocení struktury v daném časovém období a hodnocení vývoje krajiny (chronostruktury).

Krajinnou strukturu tak určují jednak individuální, jednak skupinové parametry. Individuální parametry krajinné struktury se týkají vždy jedné krajinné složky, u níž můžeme určovat její velikost, tvar, délku hranic a ostrost rozhraní, ekologický typ, původ a stáří, její vnitřní heterogenitu a kvalitu. Skupinové parametry vyjadřují celkovou různorodost krajiny, tj. počet, velikostní, tvarovou a typovou rozmanitost krajinných složek, způsob jejich prostorového uspořádání, vzájemnou propojenost nebo izolovanost. Skupinové parametry krajinné struktury se hodnotí pomocí charakteristik, jako jsou mozaikovitost a zrnitost krajiny (průměrná velikost zrna), pórovitost a propustnost krajiny pro různé druhy organismů, fragmentace a konektivita (Lipský, 2002).

Jedním ze základních momentů při hodnocení krajiny je volba zdrojových dat pro získání požadovaných údajů o struktuře krajiny. Data je nutné vybírat na základě 3 hlavních vlastností: obsahové stáří, prostorové a spektrální rozlišení.

Při analýze prací zaměřených na sledování vývoje krajiny je zřejmý fakt, že většina autorů se kvůli nutnému zjednodušení a diskrétní povaze získaných dat soustřeďuje pouze na nespojitě časové úseky, které jsou vymezeny různými způsoby. Jedním z nejčastějších způsobů je na základě tzv. *driving forces* (hybných sil) v území, které jsou ale často zobecňovány na daleko širším území a není zkoumán jejich přímý dopad na konkrétní území. Nabízí se samozřejmě otázka, zda v daném území nepůsobily i jiné lokální síly, které jsou historicky velmi těžko postihnutebné, ale měly významný dopad na strukturu krajiny. Typickým příkladem takové události je zvýšení těžby dřeva na Klášterecku z důvodu vylepšení finanční situace města v 18. století.

Jistým východiskem z výše uvedeného problému může být zmenšení časového úseku mezi jednotlivými zkoumanými roky a částečným zautomatizováním procesu klasifikace, což prakticky umožní hodnocení „kontinuálního“ vývoje krajiny.

Pro hodnocení vývoje krajiny byly využity především letecké a satelitní snímky a jejich kombinace na základě superpozice. Letecké snímky byly hlavním zdrojem geometrických charakteristik jednotlivých segmentů

a částečně tematických např. textura segmentů. Satelitní snímky byly oproti tomu primárním zdrojem pro tematickou informaci.

Pro určení horizontální strukturu krajiny bylo nutné provést vymezení jednotlivých segmentů krajiny a zařadit je do tříd, např. využití území. Obecně je možné říci, že v současnosti existují dva základní metodické přístupy ke zpracování obrazových dat z dálkového průzkumu Země. Historicky starší metodu je vektorizace a následná vizuální fotointerpretace. Novější prostředky a aplikace jsou založeny na částečné nebo plné automatizaci celého procesu nebo jeho části a jsou schopny využít spektrální a geometrické informace obsahující data z dálkového průzkumu Země v plném rozsahu.

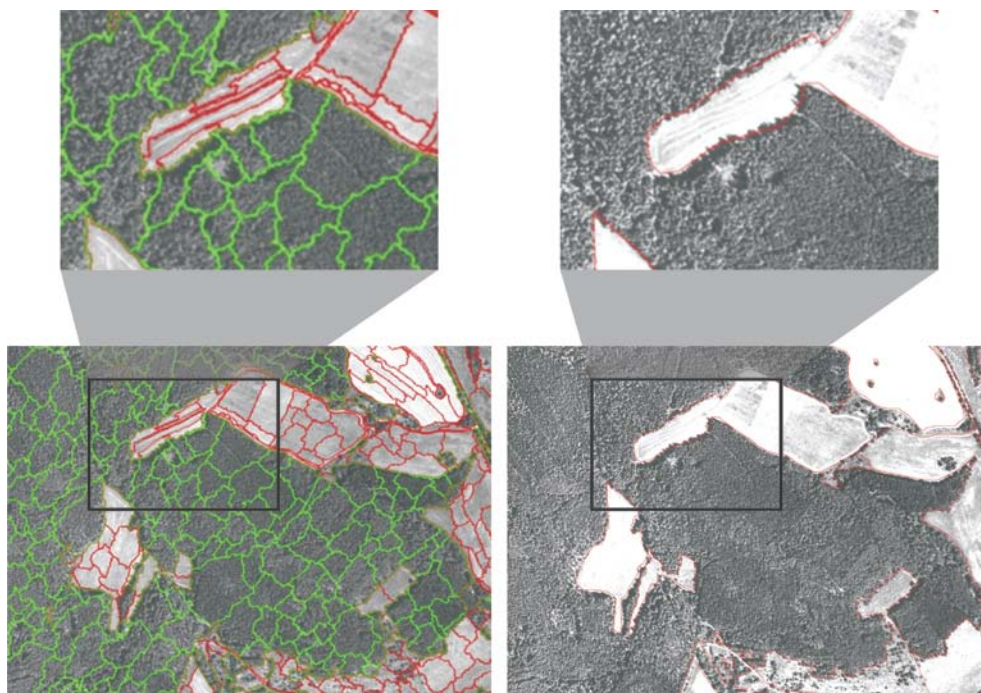
Pokud se vrátíme ke klasifikaci, tak je možné vymežit dvě metody, a to klasifikace *per pixel* a *objektový přístup*. Historicky starší je metoda *per pixel*, která je založena na určování jednotlivých pixelů do klasifikovaných tříd. Objektový přístup je založen na segmentaci dat do obrazových objektů a jejich následné klasifikaci (Gisat, 2009). Výhody objektového přístupu hodnotí pro naše území (Berková, 2009), (Brodský a kol., 2007) a (Halounová, 2002).

Hlavní výhodou objektového přístupu ke klasifikaci je možnost zahrnout do klasifikace mimo spektrálních informací i tvarové, texturální a topologické vztahy (sousedství, vzájemná hranice, atd.) objektů. Získávání objektů, tedy dělení obrazových dat v geografickém a příznakovém prostoru, je založeno na segmentačních algoritmech. Existuje řada přístupů k segmentaci (řízená, neřízená; shora – dolů nebo zespodu – nahoru) a jsou založeny na různých přístupech definice homogenity. Mezi hlavní představitele patří metody: Watershed Segmentation, Local Contrast Segmentation, Texture Segmentation, Region Growing Segmentation. Úspěšnou metodou segmentace implementovanou v programu Definiens (dříve eCognition) je Region Growing Segmentation v označení Multiresolutional Segmentation. Tato metoda umožňuje vytvářet propojenou hierarchii segmentů v různých úrovních rozlišení, což odpovídá též vizuálnímu přístupu klasifikace. Tato metoda umožňuje parametrizaci měřítkového faktoru a dále dělení vah pro spektrální a tvarové vlastnosti objektů (Gisat, 2009).

Výběr mezi vektorizací s vizuální fotointerpretací a klasifikací na základě objektového přístupu se ukázal jako zásadní především z hlediska geometrické a tematické přesnosti výsledné mozaiky. Část krajinných metrik je totiž přímo závislá na geometrických charakteristikách tvaru a rozměru segmentů. Na základě zkušeností s vektorizací a následnou fotointerpretací na 8 modelových územích (Klášterecko, Vejprtsko, Bílinsko, Libčevesko, Třebenicko, Petrovicko, Verneřicko a Benešovsko) v několika časových

horizontech v rámci projektu MPSV se ukázalo jako velmi problematické standardizovat tento proces na více než jednom území v jednom časovém horizontu. Pro zjištění přesnosti metody ruční vektorizace a vizuální interpretace byly v letech 2005–2008 studenty geografie vektorizovány a interpretovány 3 z 8 modelových území: Klášterecko, Petrovicko, Verneřicko. Každé území bylo v daném časovém horizontu zpracováno 3 x různými skupinami, ale dle stejné metodiky. Základními prvky metodiky bylo stanovení minimální velikosti vektorizované plošky cca 0,05 ha, typy interpretovaných tříd a dále vymezení sekundárních interpretačních znaků pro rozlišení kategorií orná půda a louky a pastviny. Především minimální velikost vektorizované jednotky by v důsledku měla vliv na přesnost krajinných metrik. Výsledky byly podrobeny analýze s následujícími závěry:

- geometrické charakteristiky:
  - měnil se počet plošek – dále nebylo možné statisticky zobecnit, konkrétně např. u Klášterecka v roce 1964 byl rozdíl mezi minimálním a maximálním počtem cca 10 % počtu plošek;
  - byla zjištěna různá variabilita obvodu stejných plošek;
- tematické charakteristiky:
  - největší shoda výsledků (99,2 %) byla zjištěna u zástavby (necelé 1 % byly malé osamoceně umístěné plochy, popř. opuštěné, vegetací zarůstající plochy);
  - 91,4% shoda byla zaznamenána u interpretace lesů (rozdíl byl především z důvodu záměny za přechodová stadia lesů a křovin a sady);
  - nejmenší shoda výsledků (64,3 % × 69,1 %) byla zjištěna u dvojice typů – pole × louky a pastviny (přičemž záměna probíhala mezi těmito skupinami);
  - přechodová stadia lesů a křovin byla shodně identifikována v 89,7 % případech a sady a zahrady v 96,4 %.



Obr. 6 Porovnání automatické segmentace (vlevo) a ruční vektorizace (vpravo), na výřezech je patrné u ruční vektorizace značné zjednodušení členitosti hranic jednotlivých segmentů

Pramen: autor



Obr. 7 Porovnání výsledků ruční vektorizace (černé obrysy) a segmentace (barevné plochy), pro ilustraci je v podkladu letecký snímek s reálným průběhem hranic a krajinného pokryvu.

Pramen: autor



Na druhé straně klasifikace na základě objektového přístupu je velmi náročná na tvorbu tzv. rule set, tzn. pravidel, na základě kterých segmentace a následná klasifikace probíhá. Z tohoto důvodu byla na základě spolupráce s firmou GISAT objektově klasifikována 3 modelová území (Krušné hory - 206 km<sup>2</sup>, Polabí/pánev – 238 km<sup>2</sup> a Polabí/pánev – 63 km<sup>2</sup>). Klasifikace land cover kategorií byla s minimální mapovou jednotkou (MMU) 1–5 ha a 25 ha. Klasifikační třídy byly vytvořeny na základě vybrané a upravené kategorie CORINE Land Cover. Výsledky prokázaly použitelnost satelitních snímků pro klasifikaci obrazových dat především z družic Landsat, kdy přesnost interpretace byla srovnatelná s vizuální fotointerpretací těchto území.

Na základě těchto výsledků byla doplněna původní časová řada leteckých snímků (1964, 1982, 1996, 2003) o satelitní data (1973, 1976, 1985, 1991, 1994, 2000 a 2007) a pro vybraná časová období byla použita metoda objektové klasifikace k zjištění krajinného pokryvu modelového území.

Při stanovení kategorií využití půdy bylo přihlášeno k časové variabilitě zdrojů a konečnému využití interpretovaného obsahu pro potřeby mapování využití půdy na základě multitemporálního přístupu, jak o něm mluví např. Dobrovolný (1998), nebo šířeji jako části multikonceptu Colwell (1997), Jensen (2000).

Pro hodnocení krajinné struktury, která se snaží vystihnout prostorový vzor mozaiky krajiny na základě kvantitativních charakteristik, je možné využít programy Fragstat, Patch Analyst, vyvinuté Andrews Experimental Forest LTER a Dr Rob Rempel z Centre for Northern Forest Ecosystem Research & Lakehead University v USA, nebo je možné vypočítat metriky přímo v programech např. v ArcGis nebo eCognition. Význam takto chápané struktury krajiny, jejímu hodnocení a kvantifikaci přisuzují Meisel, Turner (1998), Forman (2003), Sklar, Constanza, (1991), Balej (2009), Popelková (2009).

Aplikace tohoto typu kvantifikují prostorovou mozaiku krajiny na základě rastrových (leteckých, družicových snímků) nebo vektorových dat. Oba zmíněné programy umožňují vypočítat až 46 statistických charakteristik, o nichž detailně hovoří např. Elkie a kol. (1999). Krajinné metriky je možné charakterizovat jako kvantitativně-kvalitativní statistické hodnoty popisující prostorovou strukturu krajiny na třech úrovních: jednotlivých segmentů, tříd segmentů, popř. jako komplexní mozaiku zkoumaného území. Velmi důležitou vlastností krajinných metrik je, že v naprosté většině případů nehodnotí prostorovou lokalizaci segmentů, ale jen jejich počet, poměr jednotlivých typů atd.

Přestože jsou krajinné metriky již zavedenou metodou hodnocení struktury krajiny, metody jejich získávání se vyvíjejí v závislosti na dynamickém vývoji geoinformatiky a především zpracování dat z dálkového průzkumu Země.

Pro výpočet krajinných metrik byla využita extenze programu ArcGis Patch Analyst 4.0, vytvořená dr. Robem Rempel (Centre for Northern Forest Ecosystem Research - Ontario Ministry of Natural Resources). Patch Analyst nahrazuje dříve často využívaný program FRAGSTATS, protože uživatelům nabízí grafické uživatelské prostředí implementované do prostředí ArcGis 9.3. Na základě příjemného uživatelského rozhraní vypočítává data o struktuře krajiny, která jsou založena na skladbě a rozmístění krajinných prvků. Patch Analyst kalkuluje krajinné metriky vycházející jak z polygonálních („shapes“), tak z rastrových dat („grids“).

Dílčí krajinné metriky je možné použít buď pro celé území tzv. „landscape indices“, nebo pro tzv. „patch“ určitého typu „class indices“ v našem případě pro jednotlivé kategorie využití půdy. Pro výpočet použité extenze ArcGis Patch Analyst obsahuje výpočet pro 40 „class indices“ a 46 „landscape indices“ (Turner, Gardner, 1991).

Podrobný popis jednotlivých vybraných charakteristik krajinných metrik nalezneme např. v (Balej, 2009), níže je uveden pouze jejich výběr ze zmíněné práce použitý pro hodnocení modelového území:

*Plocha typů plošek („Class area“, CA) – součet ploch enkláv stejného typu. Je vlastností krajinné skladby. Je důležitá vzhledem k identifikaci matrice krajiny a také ve spojení s požadavky některých druhů na minimální plochu habitatu určitého typu.*

*Počet plošek („Number of patches“, NumP) – kalkuluje se jak pro jednotlivé typy enkláv, tak pro krajinu jako celek. Lze díky němu odvodit poréznost a celkovou mozaikovitost.*

*Hustota plošek („Patch density“, PD) – vyjadřuje množství enkláv na jednotku plochy. Umožňuje srovnání různě velkých vybraných území. Podobně jako počet enkláv, při jejich dostatečném množství, odráží určitou míru fragmentace, a může tak sloužit jako index heterogenity, neboť krajina s větší hustotou plošek indikuje vyšší prostorovou heterogenitu. Hustota plošek roste s přibývajícím množstvím enkláv, ovšem obecně závisí na „scale“ a na velikosti minimální mapované jednotky.*

*Průměrná velikost plošky („Mean patch size“, MPS) – pokud je nižší u jednoho typu plošky než u jiného, signalizuje jeho vyšší fragmentaci. Průměrná velikost plošky daného typu je funkcí počtu enkláv onoho typu a celkové plochy, který typ zaujímá. Oproti tomu hustota enkláv je vždy funkcí plochy celé oblasti. Z těchto důvodů je nejlépe interpretovat MPS společně s PD, NumP a s indexy variability velikosti plošek. Na úrovni krajiny jsou MPS i PD funkcí počtu plošek a celkové plochy území.*

*Celková délka okrajů („Total edge“, TE) – je absolutním měřítkem celkové délky okrajů jednotlivých typů či všech enkláv v krajině. Jako absolutní index vyžaduje při srovnání více krajin jejich přibližně stejnou velikost.*

*Hustota okrajů („Edge density“, ED) – standardizuje délku okrajů na jednotku plochy pro možné srovnání různě rozsáhlých území. Obecně lze tvrdit, že jemnější rozlišení pohledu na krajinu implikuje větší délku okrajů a tím i vyšší hustotu. Při hrubším rozlišení, menším měřítku, se okraje jeví přímější a tím i kratší. Oproti hustotě plošek hustota okrajů odráží charakter tvarů, složitost či kompaktnost. ED je měřítkem složitosti tvarů, obdobně PD vyjadřuje „složitost“ (prostorovou heterogenitu) krajinné mozaiky. ED také, kromě měřítka pohledu na krajinu, závisí na minimální mapované jednotce.*

*Průměrný index tvaru („Mean shape index“, MSI) – vypovídá o průměrném tvaru enkláv jednotlivých či všech typů. MSI se rovná 1 v případě, že enklávy příslušného typu či všechny enklávy mají tvar kruhu (pokud hodnotíme vektorová data) či tvar čtverce (vycházíme-li z rastrových dat). Se zvyšující se nepravidelností tvarů enkláv se zvyšuje i MSI.*

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{p_{ij}}{2 * \sqrt{\pi * a_{ij}}} \right)}{n_i}, \text{ kde } p_{ij} \text{ označuje obvod } j\text{-té plošky } i\text{-tého typu, } a_{ij} \text{ je plocha}$$

*j-té plošky i-tého typu, n je počet plošek i-tého typu.*

*Vážený index tvaru („Area-weighted mean shape index“, AWMSI) – váží průměrný index tvaru velikostí jednotlivých enkláv. Složitost tvaru větší enklávy má větší váhu než u menších. Index je vhodnější v takových krajinách, kde hrají rozsáhlé enklávy dominantní roli ve fungování krajiny.*

$$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{p_{ij}}{2 * \sqrt{\pi * a_{ij}}} \right) \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right], \text{ kde } p_{ij} \text{ označuje obvod } j\text{-té plošky } i\text{-tého}$$

*typu, } a\_{ij} \text{ je plocha } j\text{-té plošky } i\text{-tého typu, n je počet plošek } i\text{-tého typu.}*

*Průměrná fraktálová dimenze plošek („Mean patch fractal dimension“, MPFD) – odráží tvarovou neeuklidovskou, fraktálovou, složitost enkláv nepoměřující se s tvary jako kruh či čtverec. MPFD blíží se 2 (vzhledem k plošným objektům umístěným v jedné rovině) ukazuje vyšší složitost tvarů nebo zakřivení linií.*

$$MPFD = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{2 * \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right)}{n_i}, \text{ kde } p_{ij} \text{ označuje obvod } j\text{-té plošky } i\text{-tého typu, } a_{ij} \text{ je plocha}$$

*j-té plošky i-tého typu, n je počet plošek i-tého typu.*

Vážená fraktálová dimenze plošek („Area-weighted mean patch fractal dimension“, AWMPFD) – na úrovni typů enkláv a krajiny jako celku uvažuje fraktálovou dimenzi plošek váženou jejich velikostí. MPFD i AWMPFD mohou dosahovat hodnot z intervalu 1 až 2 včetně.

$$AWMPFD = \sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{2 * \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}} \right) * \left( \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right], \text{ kde } p_{ij} \text{ označuje obvod } j\text{-té plošky } i\text{-tého}$$

typu,  $a_{ij}$  je plocha  $j$ -té plošky  $i$ -tého typu,  $n$  je počet plošek.

Shannon index diverzity („Shannon's diversity index“, SHDI) – kvantifikuje diverzitu krajiny založenou na dvou složkách: počtu odlišných typů plošek a jejich plošném podílu (rovnoměrnost zastoupení). Bohatost indikuje atribut skladby paternu, zastoupení pak strukturální aspekt krajiny (Li, Lu, Cheng, Xiao 2001). SHDI roste, pokud roste i počet typů plošek nebo pokud se plošné zastoupení jednotlivých typů stává rovnoměrnějším. Maximální hodnoty dosahuje tehdy, když je maximální počet tříd plošek zastoupen v krajině rovnoměrně. SHDI dosahuje hodnot větších nebo rovno 0.

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i), \text{ kde } P_i \text{ představuje plošný podíl ploškou typu } i \text{ a } m \text{ označuje počet typů plošek.}$$

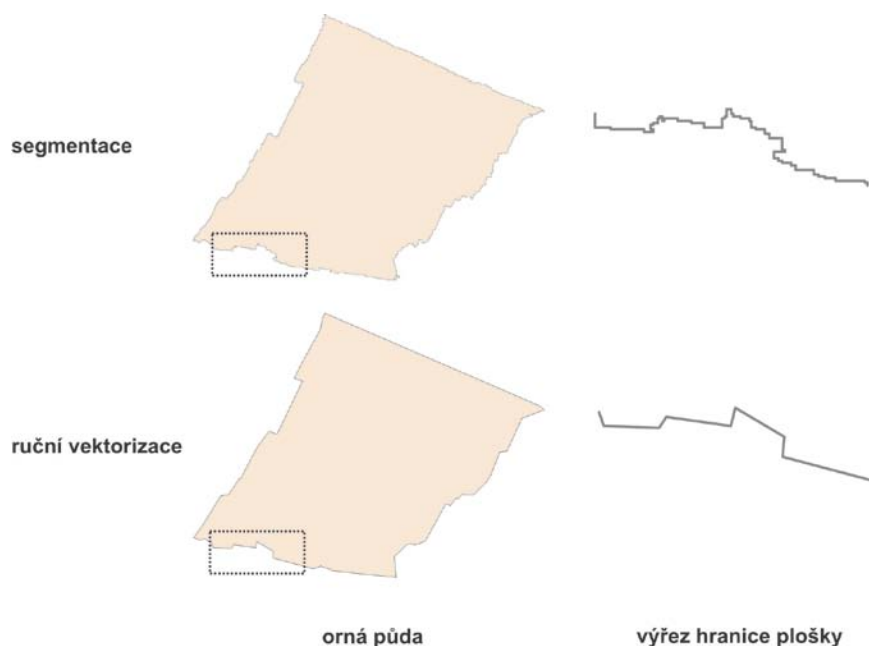
Shannon index stejnoměrnosti („Shannon's evenness index“, SHEI) – vychází ze zastoupení jednotlivých typů plošek v krajině. Odvozuje se z SHDI přepočteného na maximální SHDI pro uvedený počet typů plošek. Nicméně je třeba poznamenat, že rovnoměrnost zastoupení jednotlivých typů plošek nic nevypovídá o „ekologické významnosti“ samotných typů, neboť se s každým typem kalkuluje, jako by měl stejné krajinně ekologické vlastnosti. Hodnoty SHEI se pohybují v intervalu od 0 do 1 včetně.

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i)}{\ln m}, \text{ kde } P_i \text{ představuje plošný podíl ploškou typu } i \text{ a } m \text{ označuje počet typů plošek.}$$

Při zkoumání vybraných krajinných metrik je důležité si uvědomit jejich závislost na jedné z proměnných - délce okrajů plošek, resp. obvodu plošky. Tato proměnná na druhou stranu závisí na volbě dat, resp. přesnosti dat, ze kterých jsou jednotlivé plošky získávány. Jinou přesnost okrajů dává klasifikace ze satelitních snímků Landsat 1–3, popř. Landsat 5,7 nebo např. z leteckých měřičských snímků. Dalším významným faktorem ovlivňující přesnost je metoda získání plošek a jejich atributů z rastrových dat. V práci byla porovnávána metoda objektové klasifikace a ruční vektorizace a vizuální fotointerpretace na leteckých měřičských snímcích, kde byl předpoklad

největší heterogenity výsledků. Následné porovnání bylo velmi problematické z důvodu prakticky nemožného shodného nastavení velikosti jednotlivých plošek u obou metod. Obecně dává objektová metoda klasifikace, resp. její část segmentace, mnohem jemnější mozaiku plošek než ruční vektorizace. Tento rozdíl byl kompenzován díky využití systému eCognition, kde lze interaktivně měnit nastavení kritérií u segmentace a tím i „jemnost“ výsledné mozaiky. Na základě srovnávání výsledků při různých hodnotách kritérií bylo dosaženo výsledku podobného ruční vektorizace v podobě stejného počtu plošek a jejich přibližné velikosti.

Následujícím krokem bylo porovnání délek okrajů jednotlivých plošek u vybraných ploch (5 párů modelových plošek) zastupujících les, zástavbu, ornou půdu, vodní plochy a trvale travnaté porosty. Jednotlivé páry plošek byly vybrány s ohledem na jejich prostorovou shodnost. Pro snížení rozdílů velikosti plošek (důsledek rozdílné metody jejich získání) byly porovnávány pouze relativní hodnoty. Ve všech případech porovnání párů byl obvod plošky získané ruční vektorizací průměrně o cca 18,8 % kratší než při segmentaci využívané metodou objektové klasifikace, přičemž největší rozdíl byl při porovnávání plošek lesů a trvale travnatých ploch cca 26,7 % a nejmenší při porovnání zástavby a vodní plochy cca 6,6 % (Tab. 1).



Obr. 8 Ukázka modelového páru plošek pro ornou půdu s výřezem části hranice plošky

Pramen: autor

Tab. 1 Modelové páry plošek - porovnání segmentace a ruční vektorizace z hlediska délky plošky a plochy plošky (letecký měřičský snímek pro rok 1996)

	klasifikační třída	segmentace		ruční vektorizace		pokles/nárůst délky hranice v [%]	pokles/nárůst v ploše v [%]
		délka hranice plošky v [m]	plocha v [m <sup>2</sup> ]	délka hranice plošky v [m]	plocha v [m <sup>2</sup> ]		
1. pár	orná půda	1358,26	46475,18	984,38	46654,26	-27,53	0,39
2. pár	les	2185,23	65771,36	1452,26	65321,38	-33,54	-0,68
3. pár	zástavba	325,05	6022,66	299,61	6028,54	-7,83	0,10
4. pár	vodní plocha	256,24	2789,11	242,55	2792,33	-5,34	0,12
5. pár	trvale travnaté plochy	1227,56	73564,96	984,26	73882,26	-19,82	0,43
průměrný pokles/nárůst v [%]						-18,81	0,07

	segmentace		ruční vektorizace		pokles/nárůst délky hranice v [%]	pokles/nárůst v ploše v [%]
	suma hranic všech plošek v [m]	celková plocha v [m <sup>2</sup> ]	suma hranic všech plošek v [m]	celková plocha v [m <sup>2</sup> ]		
mozaika krajiny	1882831	43384792	1222831	43384594	-35,05	0,00

Pramen: autor

Tento výsledek porovnání není možné přímo a bez dalšího zkoumání většího počtu plošek na rozsáhlejších územích dále generalizovat. Přesto v konkrétním modelovém území ukazuje na možné nepřesnosti krajinných metrik využívajících pro výpočet obvod plošek (získaných ruční vektorizací).

## 2.3 Vizualizace krajiny v prostředí virtuální reality

Virtuální realita je dnes již běžně používaným pojmem, co ale přesně tento pojem definuje? Pokud pojem rozdělíme na adjektivum „virtuální“ a substantivum „realita“, je výklad pojmu značně jednodušší. „Realita“ je pojem obecně známý, jeho význam při doplnění „virtuální“ získává novou dimenzi. Virtuální realita je tedy v jednom ze svých významů chápána jako umělá realita nahrazující prostředí okolo nás. Komplexněji se na výklad pojmu virtuální realita dívá např. filozof Heim (1993)<sup>14</sup>, který chápe obsah pojmu virtuální realita jako komplex významů definic jednotlivých autorů představujících různé směry využití virtuální reality. Různé pohledy těchto autorů definují rámec obecného pochopení významu virtuální realita. Na základě těchto pohledů pojmenovává několik základních faktorů definujících virtuální realitu: simulation, interaction, artificiality, immersion, telepresence, full-body immersion, and network communication.

Blížeji klasické definici je upravený výklad Fishera a Unwina (2002). Virtuální realita je schopnost uměle vytvořeného, třídimenzionálního a digitálně ohraničeného prostředí zobrazovat různé pohledy uživatele na jeho okolí.

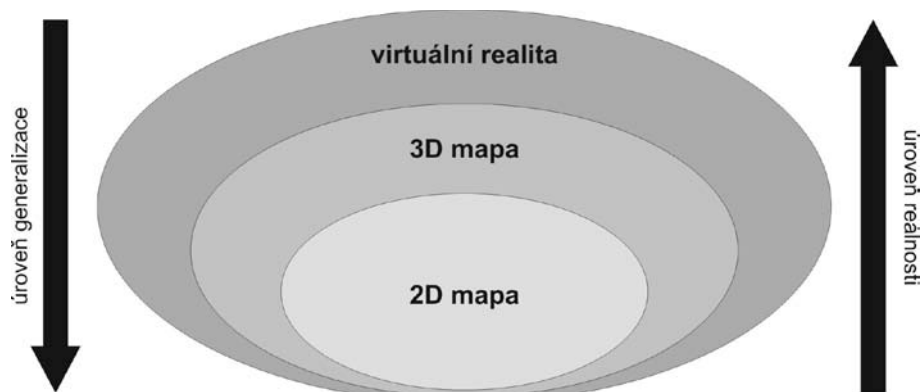
Griore Burdea (2003) zdůrazňuje, že virtuální realita by se neměla zaměřit jen na pohyb, obraz a zvuk, ale i vůni a chuť a ovlivňovat všechny lidské smysly. Virtuální realitu pak definuje jako počítačové prostředí nejvyšší úrovně, které zahrnuje simulace a interakce v reálném čase díky vícenásobným senzorovým kanálům. Senzorové kanály zahrnují všechny základní biologické smysly: zrak, sluch, hmat, čich a chuť.

Virtuální realitu je také možné chápat v intencích vývoje geografických informačních systémů nebo geoinformatiky. Virtuální realitu pak můžeme definovat jako (Obr. 9):

- nejvyšší stupeň vizualizace z pohledu úrovně reálnosti nebo
- jako komplexní prostředí, zahrnující ostatní „nižší“ stupně vizualizace reality.

---

<sup>14</sup> V první části definice formuluje výklad jako odpověď na otázku „Co je virtuální realita?“  
*We might answer: "Here, try this arcade game. It's from the Virtuality series created by Jonathan Waldern. Just put on the helmet and the datagloves, grab the control stick, and enter a world of computer animation. You turn your head and you see a three-dimensional, 360-degree, color landscape. The other players see you appear as an animated character. And lurking around somewhere will be the other animated warriors who will hunt you down. Aim, press the button, and destroy them before they destroy you. Give it a few minutes and you'll get a feel for the game, how to move about, how to be part of a virtual world. That's virtual reality!"*



Obr. 9 Virtuální realita jako nejvyšší stupeň vizualizace

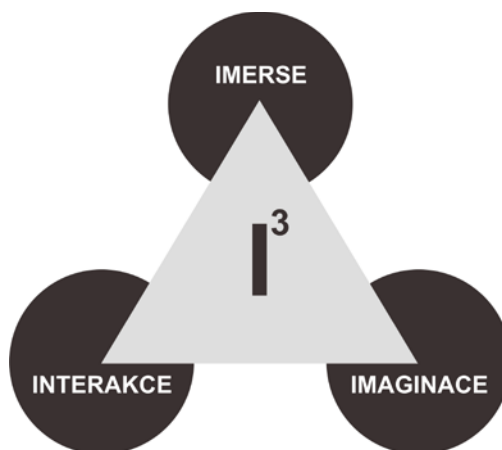
Pramen: autor

Jak již bylo zmíněno, virtuální realita v současné době zasahuje do mnoha oborů lidské činnosti, i když většina laické veřejnosti si ji stále spojuje spíše se zábavou než s vědou a probíhá v ní tzv. laicizace, které se v jisté fázi vývoje nevyhnuje žádný vědecký obor. Tento trend se bude prohlubovat a je velmi pravděpodobné, že v několika následujících letech se virtuální realita bude stávat běžnou součástí našich životů.

Pokud se zaměříme na spojení virtuální reality s cíly předkládané práce, je možné nejdříve tuto vazbu pojmut v širším významu jako spojení virtuální reality a geografie. Jedni z prvních autorů, kteří se tomuto tématu věnovali, byli např. Raper (2000) nebo Brown (1999) a později již zmiňovaní Fisher a Unwin (2002), popř. Brodlie a kol. (2002). Tito autoři chápou spojení jako velmi produktivní a pozitivní při zobrazování krajiny, ve smyslu náhrady za mapy a mapám příbuzná zobrazení, jako např. hmotné modely.

Již zmiňovaný autor Burdea ve své práci z roku 2003 zdůrazňuje, že virtuální realitu nelze chápat jen jako médium nebo high-endové uživatelské prostředí, ale především jako nástroj na umožnění řešení reálných problémů v různých oborech lidské činnosti. Hlavní výhoda spočívá ve využití lidské představivosti, která tvoří jeden ze tří základních prvků virtuální reality (Obr. 10).





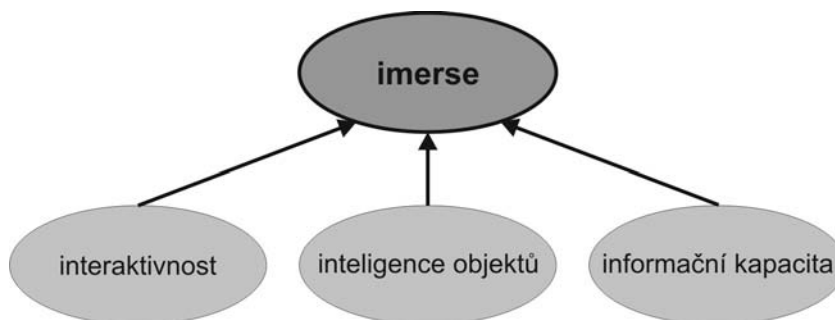
Obr. 10 Tři základní prvky virtuální reality (*The Three I's of Virtual Reality*)

*Pramen: Burdea (2003)*

MacEachren (1999) doplňuje 3 základní faktory „I-factors“ (Heim, 1998) virtuálního prostředí (imersi, interakci a informační kapacitu) o další faktor – inteligenci objektů. Při bližším rozboru těchto faktorů je můžeme charakterizovat:

1. imerse – schopnost virtuálního prostředí pohltit smysly uživatele, především zrak, sluch a hmat;
2. interaktivnost – schopnost prostředí přijímat podněty od uživatele, zpracovat je a reagovat na ně;
3. informační kapacita – množství informací, které je schopno prostředí zpracovat a zobrazit v reálném čase;
4. intelligence objektů – schopnost objektů ve virtuálním prostředí reagovat obdobně jako v reálném prostředí, popř. reagovat „reálně“ na podněty uživatele.

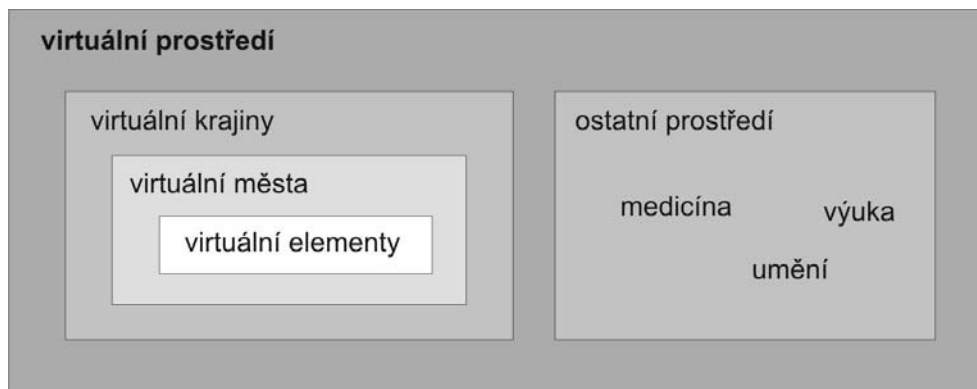
Všechny 4 faktory závisí na úrovni technologického vybavení, které produkuje virtuální prostředí. Porovnáním faktorů je možné stanovit, že nejkompexnějším faktorem je imerse, tedy pohlčení smyslů prostředím. Z hierarchického hlediska je pak imerse ovlivněna dalšími třemi faktory (Obr. 11).



Obr. 11 Hierarchické členění "I-faktorů"

Pramen: autor

Z hlediska pohledu geografie je možné především faktory interaktivnosti, intelligence objektů a informační kapacity dále specifikovat. Interaktivnost geografického virtuálního prostředí lze využít především k prostorové navigaci prostředím, které je georeferencované. Dále to je schopnost získat další doplňující informace o objektech, příkazy ke změně měřítka, změna objektů (při územním plánování) atd. Informační kapacita je zásadní pro reálnost prostředí, která je ovlivněna podrobností a fotorealističností. Bez dostatečné informační kapacity prostředí není možné generovat přesvědčivě reálně vypadající virtuální prostředí. Bohužel je tento faktor nejvýznamněji ovlivněn výkonem dostupného hardwaru a softwarovým řešením. Je nutné si uvědomit, že veškeré informace se generují a zobrazují v reálném čase. Inteligenci objektů ve vztahu k využití v geografii je možné si představit např. pohybem vegetace, atmosférickými jevy, pohybem Slunce a reakci na něj v podobě změny stínů, resp. osvětlení atd. Již ze specifikace těchto faktorů můžeme říci, že geografická virtuální prostředí jsou specifická. V tematické rovině jde především o virtualizaci krajiny nebo její části. S rozvojem hardwarového vybavení se tento směr rozvoje dále prohlubuje a virtuální realita se stává prostředkem ke zkoumání krajiny. S tímto vývojem se spojuje rozvoj různých pojmů jako „virtuální krajiny“, „virtuální scény“, „virtuální města“ a mnoho dalších. Tyto pojmy jsou vázány na různé případové studie, které většinou řeší implementaci konkrétní technologie.



Obr. 12 Hierarchicko-tematické rozdělení virtuálních prostředí se zaměřením na krajinu

Pramen: autor

Na začátku 21. století se již řeší i otázky teoretického rázu (Fisher, Unwin, 2002). Döllner (2007) se zabývá potenciálem a limity tzv. virtuálních krajin, které definuje jako část reálné nebo imaginární krajiny. Stanovuje 5 klíčových vlastností systému umožňujících vizualizace virtuální krajiny:

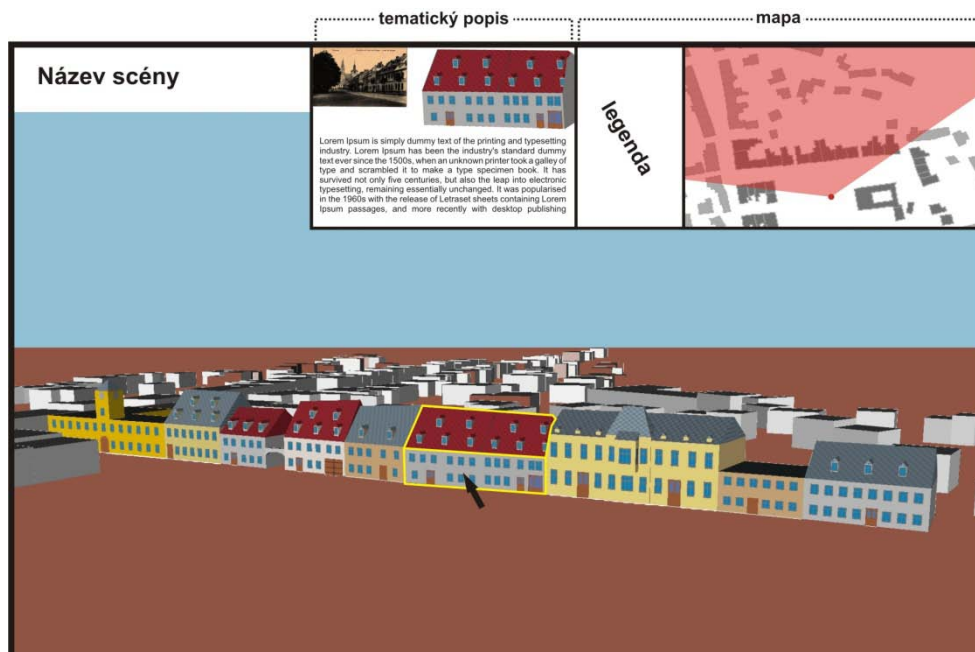
1. schopnost renderování fotorealistických krajin ve velkém měřítku;
2. realistické ztvárnění vegetace;
3. možnost přímé manipulace a úpravy objektů v krajině;
4. schopnost bezproblémové integrace heterogenních 2D a 3D geodat;
5. možnost zobrazit krajinu ve všech měřítkách i pohledech (rovinné, z úrovně chodce, z ptačí perspektivy atd.).

Při kritickém zkoumání výše uvedených bodů je z hlediska pohledu využití virtuálních krajin v prostředí plánování krajiny nutné vymežit další 2 vlastnosti:

6. schopnost generalizace a stanovení legendy pro jednotlivé měřítkové úrovně;
7. možnost provádět měření nad geodaty.

Poslední dva body jsou v určitých významech v konfliktu s předchozími. Stanovení legendy v kartografickém smyslu znamená v praxi sjednotit symboly pro homogenní skupiny prvků v modelu a nahradit je. Bod 6 je tedy v přímém protikladu k bodu 2, který požaduje realistické ztvárnění vegetace. Tento zásadní problém je možné vyřešit stanovením měřítkových úrovní a pro každé definovat jinou úroveň legendy. Je logické, že v případě krajiny v měřítku 1:1 bude těžké stanovit legendu v kartograficky chápaném významu. Daný problém je možné vyřešit např.:

1. hypertextovými odkazy s doplňujícími informacemi, které již jsou generalizované;
2. doplňkovou mapu, která zobrazuje prostorovou generalizovanou situaci uživatele.



Obr. 13 Ukázka kompozičního ztvárnění virtuální scény s doplňujícími prvky

Pramen: autor

Technologické řešení realizace virtuálního prostředí je závislé na požadavcích na něj kladené. Z hlediska decizního trojúhelníku mají různé skupiny ovlivňující změny v krajině jiné požadavky, např. na zásahy do obsahu prostředí.

Využití virtuální reality v plánování krajiny se při studiu aplikačního potenciálu nabízí. Haklay (2002) vytvořil přehled výzkumných prací, v nichž zásadní metodou je užití virtuální reality. Dospěl k závěru, že více než 50 % tvoří výzkumy zaměřené na územní a regionální plánování, modelování, simulace a hodnocení dopadů změn v území. Paar (2006) ve své práci potvrzuje, že naprostá většina (91 %) expertů, profesně orientovaných (v soukromé i státní sféře) na územní plánování a rozvoj, je přesvědčena o významné přidané hodnotě, kterou aplikace 3D vizualizace a imersivní virtuální reality do procesu územního plánování přináší. Vhodnost, příp. efektivita, užití virtuální reality v praxi oproti klasickým dvourozměrným prostředkům byla již několikrát empiricky dokázána (Kirschenbauer, 2005).

Moderní prostředky pro vizualizaci a především virtuální realita posouvá tradiční chápání od „map-to-read“ přes „map-to-see“ a „space-to-observe“ až

k „space-to-feel“ (Bertin, 1983; Ball, 2002). Tento fakt, včetně významného přínosu nových technologií, potvrzují i mnozí jiní autoři (např. Sarjakoski, 1998).

Rozhodujícím faktorem pro využití virtuální reality v plánování krajiny je vyšší úroveň reálnosti oproti klasickým prostředkům jako je mapa nebo plán, popř. skica architekta. Virtuální svět je méně abstraktní než statistická data či 2D mapa a zároveň poskytuje uživateli vizuálně známější prostředí. Aby mohly být tyto geoinformatické technologie efektivně využity v tématu komunitního plánování, definuje Ball a kol. (2007) následující základní podmínky:

1. vytvořené virtuální prostředí musí být realistické;
2. virtuální prostředí musí být interaktivní a poskytovat aktérům šanci s ním manipulovat a
3. technologie by měla vybízet k diskusi.

## 2.4 Alternativní scénáře

Michel Godet a Fabrice Roubelat ve svém článku „Creating the Future: The Use and Misuse of Scenarios“ z roku 1996 začínají první odstavec tvrzením, které je pro následující práci velmi důležité.

*„Všichni, kdo tvrdí, že předvídají nebo předpovídají budoucnost, jsou nevyhnutelně lháři, budoucnost ještě neexistuje, teprve nastane. To je štěstí, bez této nejistoty by lidská činnost ztratila význam ve smyslu zlepšení budoucnosti. Jedinou jistotou je smrt. Budoucnost se musí tvořit, nemůže být chápána jako prosté pokračování minulosti“.*

Autoři tohoto článku dále pokračují, že hledání možných budoucností je nutné s ohledem na pozitivní dopady pro lidskou společnost, a i když se nezabývají přímo scénáři vývoje krajiny, definují pojem scénář. *„Popis budoucí situace a průběhu událostí, které vám umožní pohled vpřed do budoucnosti.“*

Definují dvě základní kategorie scénářů:

1. průzkumné (exploratory) – založené na zkoumání minulosti přes současné trendy k budoucnosti;
2. předjímající nebo normativní (anticipatory or normative) – jsou založeny na základě různých vizí budoucnosti, které mohou být buď žádoucí, nebo nežádoucí.

Při plánování krajiny se alternativní scénáře a jejich využití intenzivněji diskutují od konce minulého století především v pracích geografa Marca Antropa (1997, 2000, 2005). Z dalších autorů se tvorbou alternativních scénářů v dánském prostředí zabýval např. Gunther a Barbel Tress (2003). Obecně je možné stanovit, že tvorba alternativních scénářů vychází z místních, popř. regionálních, podmínek vývoje krajiny. Vychází velmi často z archetypů – „praobrazů“, výchovou a kulturou předávaných a přejímaných vzorů o podobě krajiny nebo ze stereotypů – pokračování v navykklém postupu, např. absence originality při výstavbě určené k bydlení. Výše jmenovaní autoři zdůrazňují, že scénáře musí vycházet z logiky, spojitosti (koherence) a soudržnosti s okolím (konzistence). Vytvářené scénáře by měly být tvořeny tak, aby nevypadaly realističtější a obvykleji než ostatní, protože by mohly ovlivnit rozhodování lidí na základě jejich příklonu k již zmíněným stereotypům. Důležité je zdůraznit, že není možné říci „toto je budoucí podoba krajiny“, ale „takto bude vypadat krajina, když se rozhodneme, že ...“.

Význam pojmu scénář (scenario) bývá využíván v pracích vztažených k budoucnosti. Ať už se jedná o prognózy, analýzy trendů, fotorealistické

snímky různých míst v krajině (Van den Berg a Veeneklaas, 1995; Wollenberg a kol., 1999; Oršulák a kol., 2007). V teoretické rovině je termín scénář, popř. alternativní scénář, spojován s různými metodami získávání informací o budoucnosti, které se od sebe liší. Přesto je možné vymezit jejich základní kategorie (Wollenberg a kol., 1999; Deshler 1987):

- *kreativní vize*  (přístup využívající kreativní intuici a tvorbu vizí nebo plánů preferované budoucnosti.);
- *projektování a prognózy*  (přístup založený na kvantitativních technikách a vyžadující znalost historických souvislostí a příčin pravidelností; pro předpovědi využívá jednoduché proměnné, např. populaci, cenu půdy, ...);
- *hodnocení rizik*  (přístup identifikující dopady budoucích scénářů; vyžaduje určení indikátoru pro hodnocení rizik);
- *metoda dialogu*  (umožňuje účastníkům výměnu rolí a na základě dialogu, her a simulací zvýšit porozumění pro vize a plány jiných skupin decizního trojúhelníku).

V této práci je chápán pojem scénář jako cílový budoucí stav krajiny a její části, stejně jak jej chápe Tress a Tress (2003). Tito autoři vytvářejí tzv. extrémní scénáře, kdy je v daném scénáři znázorněna „nejintenzivnější“ varianta využití dané oblasti. Přičemž pro sestavení scénářů je využívána kombinace metod „projektování a prognózy“ a „metoda dialogu“. Obdobný přístup, i když se zapojením metody „hodnocení rizik“, využívá např. Kolejka (2001), když tvrdí, že krajinné plánování je rozhodovací proces o návrhu budoucího rozmístění lidských aktivit v krajině ve vztahu k rizikům.

Na rozdíl od Tress a Tress (2003), kdy technologie tvorby scénáře umožňuje vytvářet statické obrazy možných stavů budoucí krajiny, bude se v našem případě uživatel přímo v daném scénáři nacházet. Pro některé statické výstupy bude využita fotorealistická vizualizace kombinující letecké snímky (popř. fotografie) s vektorovými modely.



*Obr. 14 Území určené pro nízkopodlažní výstavbu rodinných domů (severozápadně od centra města Klášterce nad Ohří): a) současná situace; b) fotorealistická vizualizace výstavby nízkopodlažních domů*

*Pramen: autor*

Jeden z důležitých momentů tvorby alternativních scénářů je hledání možností vývoje krajiny, popř. hledání problematických větví vývoje.

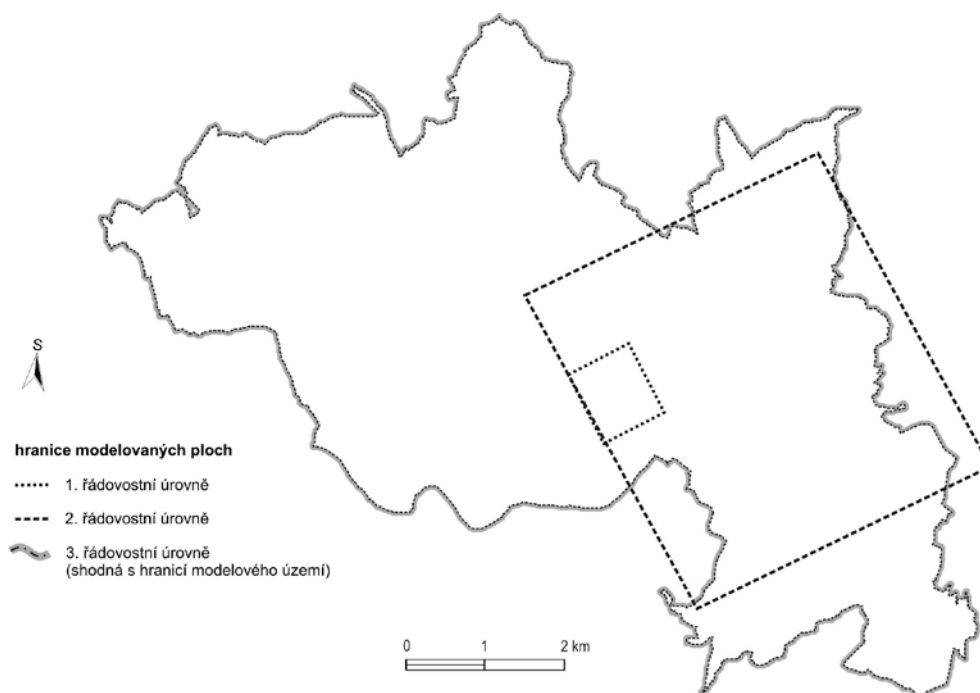


## 2.5 Výběr modelového území

Vymezení modelového území je jedním ze základních momentů prací spjatých s výzkumem krajiny. V této práci byl výběr modelového území zčásti podmíněn spoluprací na projektu Metodika hodnocení sociálních a ekologických souvislostí ekonomické transformace (řešitel doc. Anděl), kde byly na základě zhodnocení regionální struktury krajiny v Ústeckém kraji vybrány 4 páry modelových mikroregionů reprezentující určité krajinné typy či prostorové celky: horský – nížinný, stabilní – labilní, pohraniční – vnitrozemský a jádrový – periferní. Klášterecko bylo jedním z 8 modelových území.

Modelové území bylo také vybráno na základě možnosti identifikovat sledované faktory v časových horizontech (předindustriální; industriální; poválečný; předtransformační a transformační; současný; prognózní). Další nutnou podmínkou byl předpoklad heterogenního vývoje území pro úspěšné modelování vývoje krajiny a sledování jejich změn.

Neméně důležitým kritériem byl zájem decizní sféry o výsledky práce. Tím bude umožněno implementovat výsledky práce do procesu tvorby územního plánu ve spolupráci s decizní sférou.



Obr. 15 Schematické znázornění modelovaných ploch

Pramen: autor, program ArcGIS 9.1, podkladová data DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004

Širším prostorovým rámcem pro následující práci je na základě výše zmíněného vymezení modelové území Klášterecko (Obr. 15), které je vymezeno administrativními hranicemi katastrálních území 11 obcí a částí obcí.

*Tab. 2 Obce a části obcí vymezující Klášterecko*

Název obce nebo části obce	plocha v [ha]
Klášterec nad Ohří	988,91
Miřetice u Klášterce nad Ohří	577,97
Rájov u Perštejna	444,23
Kunov	434,25
Černýš	411,66
Lestkov u Klášterce nad Ohří	382,78
Rašovice u Klášterce nad Ohří	283,07
Suchý Důl u Klášterce nad Ohří	256,00
Perštejn	237,16
Klášterecká Jeseň	205,94
Ondřejov u Perštejna	202,96

*Pramen: ZABAGED (soubor správních hranic), © ČÚZK Praha 2009*

Celkem jsou vybrány 3 řádovostní úrovně modelovaných ploch. První úroveň je vymezena plochou nacházející se jihozápadně od Klášterce nad Ohří s rozlohou přibližně 1 km<sup>2</sup> (Obr. 15) a bude využita pro tvorbu virtuálního modelu alternativních scénářů.

Druhou řádovostní úroveň tvoří plocha přibližně 10 km<sup>2</sup>, která zahrnuje modelové sídlo Kláštec nad Ohří a přilehlé oblasti.

Nejvyšší, 3. úroveň tvoří plocha modelového území.

## 2.6 Datové zdroje

Pro komplexní vnímání vývoje krajiny je potřebné syntetizovat fyzické a sociální složky krajiny. Při výzkumu krajiny je nutné se nezaměřovat jenom na diskrétní podobu vývoje, ke které datové zdroje vybízejí, ale na základě diskrétních dat stanovovat spojitě trendy, které odpovídají lidmi chápané realitě vývoje. Při kombinování multitemporálních dat a tematických dat různých zdrojů, včetně plánování scénářů, můžeme mluvit o „hyperdatech“. Hyperdata jsou chápána jako syntéza dílčích datových zdrojů stejné prostorové lokalizace, ale s variabilní časovou a tematickou složkou. Spojujícím prvkem je geografická poloha objektu syntetizovaných dat. Výsledkem takto chápaného modelování je geografická vizualizace krajiny, i když ona sama může být nejenom stavem, popř. výsledkem, syntézy dat, ale i dynamickým procesem, který data syntetizuje a přetváří do podoby hyperdat. Samotná geografická vizualizace pomáhá prezentovat novou informaci v nové podobě tak, že nalezené informace povedou k většímu porozumění daného problému, popř. k jeho vyřešení.

Budování databáze pro výzkum sledování změn krajiny a jejich následné hodnocení je jednou z hlavních fází výzkumu různých vědeckých oborů. Pro naše účely je nutné tuto databázi budovat také s ohledem na využití pro plánování vývoje krajiny. Bezesporu nejvýznamnějším prostředkem sledování změn v krajině je dálkový průzkum Země. Význam dálkového průzkumu Země potvrzuje i jeho prudký rozmach a jeho vývoj sledují jak čeští, tak zahraniční autoři. Dálkový průzkum Země je bohužel historicky omezen od poloviny 19. století do současnosti, na masové využití fotografie při mapování krajiny došlo později, tj. až po skončení druhé světové války. Pro doplnění časové linie výzkumu do období před druhou světovou válkou je potřeba použít jiné zdroje dat než dálkový průzkum Země. V našem případě byly použity vojenská mapování a vektorové mapové databáze, jejichž aplikační potenciál pro hodnocení krajiny byl již vícekrát diskutován. Při stanovení kategorií využití půdy bylo přihlíženo k časové variabilitě zdrojů a konečnému využití interpretovaného obsahu pro potřeby mapování využití půdy na základě multitemporálního přístupu. Pro již zmíněné účely plánování krajiny bylo nutné naše datové zdroje rozšířit o další části, především v oblasti tematických databází (OPRL, BPEJ atd.), sociologických šetření a terénního průzkumu.

Při hledání dostupných databází je velice vhodné a efektivní využívat metadatové systémy.

Výběr dat pro potřeby práce probíhal v několika základních etapách (Oršulák, 2005):

1. stanovení obsahového a územního rozsahu,
2. zjišťování „existence“ dat,
3. ověřování formátu, přesnosti, ... pro standardizaci datových zdrojů,
4. zjišťování finanční náročnosti,
5. objednání a nákup dat.

### 2.6.1 První mapy

Pro účely zasazení území do historického kontextu dlouhodobého vývoje byly vybrány i dvě mapy (Aretinova mapa Čech a Müllerova mapa Čech), které obsahují informace o modelovém území.

Mapy byly získány již v digitální podobě a proces zpracování se zaměřil jen na úpravy týkající se grafické podoby výřezů. Aretinova mapa byla získána díky projektům GAČR: Kartometrická a semiotická analýza a vizualizace starých map českých zemí z období 1518–1720 a Georeferencování a kartografická analýza historických mapování Čech, Moravy a Slezska, které umožnily zpracování analogových dat a umístění na internet.

Müllerova mapa byla zakoupena od Historického ústavu Akademie věd v Praze a dodána na CD ROM.

**Aretinova mapa.** Na začátku 17. století vytváří pražský měšťan Petr Aretin z Ehrenfeldu mapu Čech. Mapa vznikla na základě skutečného měření, pravděpodobně se jednalo o výsledky zemského měřiče Šimona Podolského.

Mapa má již severní orientaci a první vydání bylo vytištěno pomocí měděných desek o rozměrech 766 × 574 mm. Podle mílového rámce mapy lze určit měřítko mapy, které je 1 : 504 000. Mapa je na okrajích vyzdobena dvanácti postavami v dobovém oblečení.

Druhé vydání bylo pravděpodobně využíváno v průběhu bojů za třicetileté války. Ve všech vydáních zobrazuje mapa v pravém horním rohu obraz českého lva a vlevo nahoře je zobrazena císařská orlice. V legendě (vlevo dole) naleznete např. symboly pro různé druhy sídel, kláštery, doly, lázně a sklárny. Pro znázornění reliéfu byla využita kopečková metoda. Zákres říční sítě je až na některé výjimky odpovídající. Na Aretinově mapě se poprvé objevují administrativní hranice, které rozdělují Čechy do 15 krajů. K mapě je přiložen rejstřík, který obsahuje 1157 míst (Kuchař, 1958).

**Müllerova mapa.** Jan Kryštof Müller začíná mapovat v roce 1712 v Bechyňském kraji. Za sebou má dlouholeté zkušenosti při práci na mapě Uher a Moravy, které mapování Čech předcházely. Celé dílo mělo tvořit po dokončení velký „Atlas Austriacus“. Mapa byla ze všech nejpodrobnější, její měřítko je 1: 132 000 (odvozeno od porovnání měřítko se skutečnou hodnotou).

Mapování Čech bylo ukončeno koncem roku 1717 a samotná mapa včetně přiloženého kompendia byla vydána až v roce 1722. Práce na mapě tak trvaly 5 let a Müller se jejího vydání nedožil, v roce 1721 umírá a vydání mapy dokončuje Jan Wolfgang Wieland. Mapa má 25 sekcí a složením vznikne obdélník o rozměrech 2822 × 2403 mm, jednotlivé sekce mají rozměr 557 × 473 mm; spojením dílů vznikne největší historická mapa Čech (Kuchař, 1958).

Po stránce obsahové se jedná o velmi podařené dílo. Reliéf je znázorněn kopečkovou metodou se stínováním a hory nejsou popsány; naopak říční síť byla věnována velká pozornost a její části jsou popsány. Největší bohatost mapy ale spočívá v zakreslení sídel a hospodářských činností. Legenda mapy obsahuje přes 3 desítky položek, které popisují různé typy sídel (opevněná, s kostelem, roztroušené selské dvory a další), hutě, pošty, lázně, dráteníky...

## 2.6.2 Historické vojenské mapování

Dálkový průzkum Země je bohužel historicky omezen od poloviny 19. století do současnosti, na masové využití fotografie při mapování krajiny došlo později, tj. až po skončení druhé světové války. Pro doplnění časové linie výzkumu do období před druhou světovou válkou je potřeba použít jiné zdroje dat než dálkový průzkum Země. V našem případě bylo použito 1. a 2. vojenské mapování, jejichž aplikační potenciál pro hodnocení krajiny byl již vícekrát diskutován<sup>15</sup> (Oršulák a kol., 2007).

**1. vojenské mapování (Josefské).** Na základě nařízení Marie Terezie se v letech 1763–1787 uskutečnilo topografické mapování území Rakousko-Uherské monarchie. Mapování bylo dokončeno až za vlády Josefa II. v sáhovém měřítku, odpovídajícím dnešním 1: 28 800. Mapovým podkladem

<sup>15</sup> Brůna, V. a kol., *Povodí Horní Blanice v prostředí GIS - Využití historických mapových podkladů pro sledování změn krajinného pokryvu - studie pro OEK MŽP ČR. Ústí nad Labem 2003, 43 s.; Lipský, Z., Sledování historického vývoje krajinné struktury s využitím starých map, Konference „Krajina 2002“ pořádaná pod záštitou MŽP a UJEP, Ústí nad Labem, květen 2002; Pauditisová, E., Old maps – a basis for the observation of transformations in the landscape structure. In: Jeleček, L. a kol., *Dealing with diversity: 2nd International conference of the European Society for Environmental History, Prague 2003, PřF UK, Praha 2003.**

v Čechách byla zvětšenina Müllerovy mapy Čech, vydaná roku 1723 v měřítku 1:132 000. Mapovaly se především objekty významné z vojenského pohledu (dnes možné říci krajinného): cesty, kamenné mosty, vodstvo, bažiny (mokřady), mlýny, domy, kostely, lesy aj. Výškopis je zachycen pomocí šraf, které naznačovaly průběh úpatnic významných terénních tvarů.



Obr. 16 1. Vojenské mapování – výřez části modelového území

Pramen: autor, podkladová data 1. Vojenské mapování Geolab FŽP UJEP v Ústí nad Labem 2008

Georeferencování bylo provedeno pomocí vlíčovacích bodů nalezených na 2. vojenském mapování. Vybírány byly přednostně významné prvky intravilánů obcí (kostely, hráze rybníků, důležité křižovatky). V případech větších území, např. Kamenné (Kláštorecko), byla georeference Josefského mapování velice problematická. V podstatě bylo možno realizovat georeferenci dvěma způsoby. Prvním způsobem lze georeferencovat souvislou mapu (indexovanou), výsledkem je poměrně hodně zdeformovaný souvislý rastr s přesností georeference cca 300–400 m. Druhý způsob spočívá v postupné georeferenci jednotlivých částí rastru, jejímž výsledkem jsou méně zdeformované rastry, které však nelze přesně napojit – jsou mezi nimi mezery nebo se překrývají. Pro modelové území byl zvolen druhý způsob georeference (Brůna, 2005).

**2. vojenské mapování (Františkovo).** Císař František II. rozhodl o započetí nového mapování především z vojenských důvodů v souvislosti s napoleonskými válkami. Území České republiky bylo mapováno v letech 1819 až 1858, celá monarchie pak v rozmezí let 1807–1869. Měřítko zůstalo



stejně jako u prvního vojenského mapování, tedy 1: 28 800. Mapování již proběhlo na podkladě vybudované trigonometrické sítě a polohopis byl převzat z map stabilního katastru, zmenšený do měřítka 1: 28 800, který umožňoval provést topografické mapování ekonomicky a velmi přesně.



Obr. 17 2. Vojenské mapování – výřez části modelového území

Pramen: autor, podkladová data 2. Vojenské mapování Geolab FŽP UJEP v Ústí nad Labem 2008

Mapy 2. vojenského mapování byly georeferencovány podle rohů mapových listů (souřadnice vygenerovány programem VB150). Jelikož na rozdíl od Josefského mapování byly mapy 2. vojenského mapování vytvářeny na geodetických základech, jejich transformace je podstatně přesnější (řádově v desítkách metrů; měřeno vzhledem k ortofotomapě). Mapy lze georeferencovat po jednotlivých listech, jejich napojení je velmi dobré (Brůna, 2005).

Digitalizované a georeferencované mapy 1. a 2. vojenského mapování byly zapůjčeny Laboratoří Geoinformatiky FŽP UJEP v Ústí nad Labem.

### 2.6.3 Mapy stabilního katastru

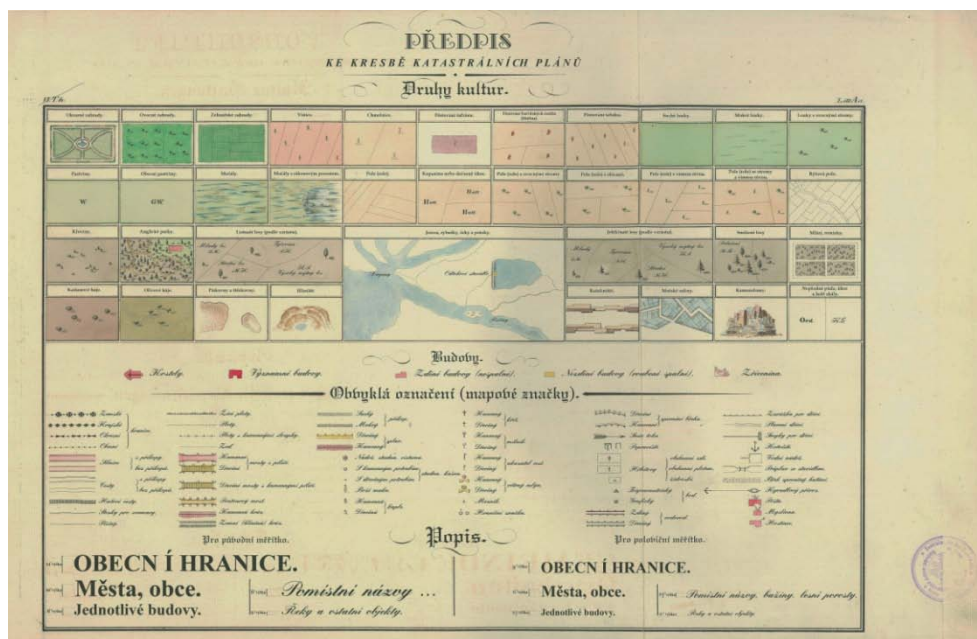
Jedním ze zásadních zdrojů pro srovnávací krajinně ekologické studie jsou mapy stabilního katastru z 1. poloviny 19. století (Lipský, 2000) a (Brůna a kol., 2004).

Katastrální operát stabilního katastru je tvořen třemi dílčími soubory (Brůna a kol., 2004):

- vceňovací operát – dokumenty a protokoly, jež jsou výsledkem srovnávacích a bonitačních šetření, tvoří podklad pro vlastní ocenění pozemků;
- písemný operát – údaje k jednotlivým parcelám (majitel, výměra, pěstovaná plodina, bonitní třída a čistý výnos);
- měřický operát – originální mapy, povinné císařské otisky, speciální mapy atd.

Jako nejvhodnější z verzí map stabilního katastru pro účely sledování stavu krajiny jsou uváděny povinné císařské otisky v měřítku 1: 28 800.

Mapy stabilního katastru sloužily k zajištění výměry pozemků, parcely obsahovaly informace o vlastníku, domovní a parcelní číslo. Z legendy (Obr. 18) je možné vyvodit, že mapy znázorňují další bohaté informace o složkách krajiny (louky, pastviny, vinohrady, lesy, ...). Mapy obsahovaly i textové značky jako Oede (ö) – neplodná půda patřící obci, A (Acker) – pole atd. (Lipský, 2000)



Obr. 18 2. Stabilní katastr – legenda

Pramen: ČÚZK Praha





Obr. 19 Stabilní katastr – výřez území (západní část Klášterce nad Ohří)

Pramen: ČÚZK Praha

#### 2.6.4 Satelitní snímky

V rámci práce byly vybrány satelitní snímky z programu Landsat a Corona.

##### LANDSAT

Rastrové satelitní snímky z programu LANDSAT byly vybrány z důvodu nejdéle trvajícího multispektrálního kontinuálního<sup>16</sup> snímkování povrchu Země. První družice začaly snímkovat již od roku 1972 (LANDSAT 1) a v letech 1975 – 1999 bylo vysláno snímkovat dalších 6 družic (LANDSAT 2–7). V současnosti jsou stále v provozu LANDSAT 5 a LANDSAT 7<sup>17</sup>. V roce 2012 se předpokládá zprovoznění systému LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Celý systém byl vytvořen a je spravován díky spolupráci americké vesmírné agentury NASA (National Aeronautics and Space Administration) s U.S. Geological Survey.

Protože v práci byly využity snímky z družic LANDSAT 1, 5, 7, bude následující charakteristika zaměřena pouze na tato data. Snímky z LANDSAT 1 byly využity pro 70. léta 20. století, LANDSAT 5 pro období od poloviny 80. let do poloviny 90 let a LANDSAT 7 pro rok 2000. Z důvodu

<sup>16</sup> Kontinuální je posuzováno v širším významu, autor je si vědom určitých změn u multispektrálních skenerů jednotlivých družic Landsat 1-7.

<sup>17</sup> Landsat 6 se nepodařilo zprovoznit.

možnosti přímého porovnání dat byl využit i jeden snímek LANDSAT 5 z roku 2007.

### **LANDSAT 1 (resp. Earth resources Technology Sattelite 1)**

Družice LANDSAT 1 nesla dva typy senzorů – Return Beam Vidicon (RBV) a Multispectral Scanner (MSS). Charakteristiky senzorů jsou uvedeny v tabulkách Tab. 3 a Tab. 4.

*Tab. 3 Charakteristika Return Beam Vidicon (RBV) – LANDSAT 1*

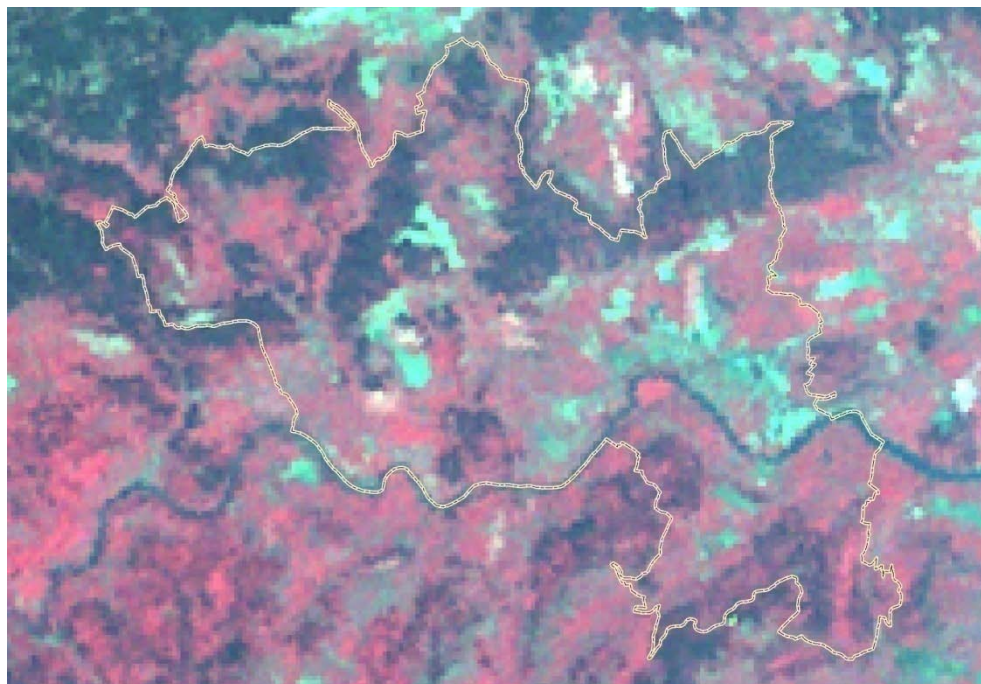
č. pásma	název a rozsah spektrálního pásma	velikost pixelu
1	zelené (475-575 nm)	80 m
2	červené (580-680 nm)	
3	blízké infračervené (690-830 nm)	

*Pramen: USGS - <http://landsat.usgs.gov>*

*Tab. 4 Charakteristika Multispectral Scanner (MSS) – LANDSAT 1*

č. pásma	název a rozsah spektrálního pásma	velikost pixelu
4	zelené (0,5 – 0,6 $\mu\text{m}$ )	80 m
5	červené (0,6 – 0,7 $\mu\text{m}$ )	
6	blízké infračervené (0,7 – 0,8 $\mu\text{m}$ )	
7	blízké infračervené (0,8 – 1,1 $\mu\text{m}$ )	

*Pramen: USGS - <http://landsat.usgs.gov>*



Obr. 20 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 1 (kombinace pásem 4,2,1 ) z roku 1975

*Pramen: autor, podkladová data LANDSAT 1 USGS, DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004*

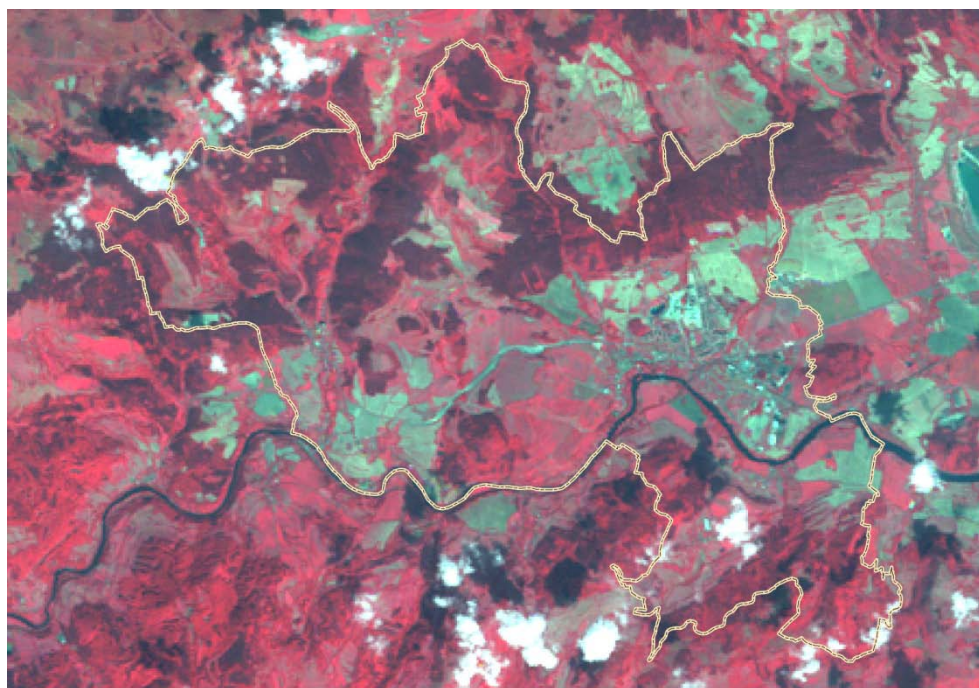
## LANDSAT 5

LANDSAT 4 a 5 byly vybaveny také dvojicí senzorů. Přetrvávající Multispectral Scanner (MSS) byl doplněn o nový sedmikanálový senzor Thematic mapper (TM). MSS zůstal z důvodu zachování kompatibility sledování s předcházejícími družicemi LANDSAT 1–3. LANDSAT 5 je stále v provozu, původní nahrazení LANDSAT 6 se nekonalo z důvodu závady při startu a LANDSAT 5 je nepřetržitě funkční od roku 1984 do současnosti.

Tab. 5 Charakteristika Thematic mapper (TM) – LANDSAT 5

č. pásma	název a rozsah spektrálního pásma	velikost pixelu
1	modré (0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$ )	30 m
2	zelené (0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$ )	
3	červené (0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$ )	
4	blízké infračervené (0,76 – 0,90 $\mu\text{m}$ )	
5	střední infračervené (1,55 – 1,75 $\mu\text{m}$ )	
7	střední infračervené (2,08 – 2,35 $\mu\text{m}$ )	
6	termální (10,42 – 12,50 $\mu\text{m}$ )	120 m

Pramen: USGS - <http://landsat.usgs.gov>



Obr. 21 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 5 (kombinace pásem 4,3,2 ) z roku 1985

Pramen: podkladová data LANDSAT 5 USGS, DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004

## LANDSAT 7

Družice LANDSAT 7 je v operačním stavu od roku 1999, pro snímkování využívá nový typ senzoru Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), který ale navazuje na datové typy Thematic mapper (TM) LANDSATu 4 a 5.

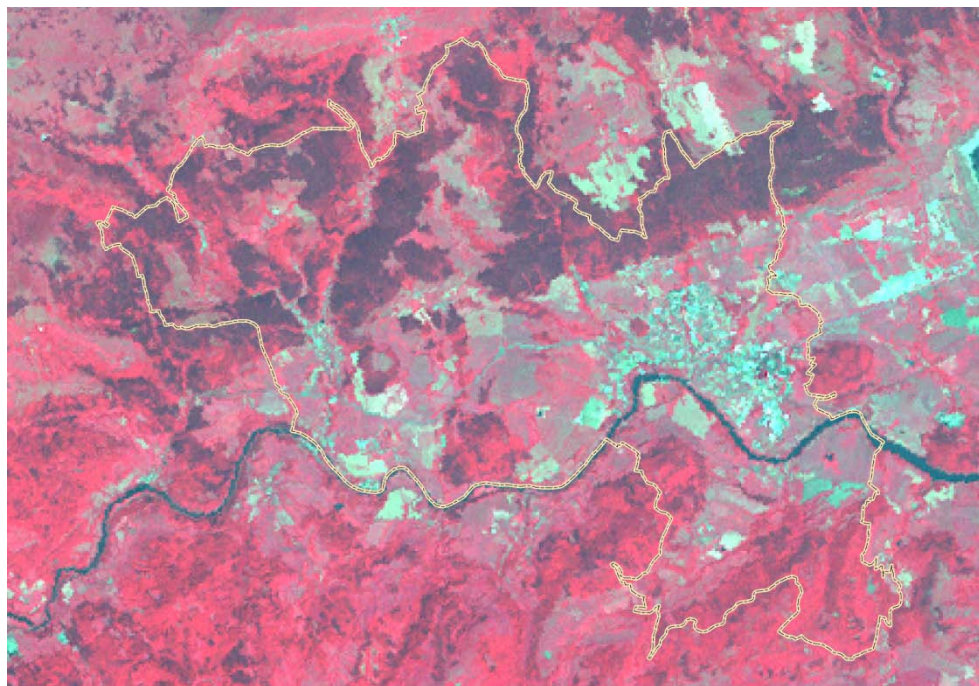


Důležitou vlastností z hlediska provozu senzoru se jeví fakt, že snímkování není nepřetržité, ale je dopředu plánováno s ohledem na oblačnost a vegetační cyklus místa snímkování (Gisat, 2009).

Tab. 6 Charakteristika Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) – LANDSAT 7

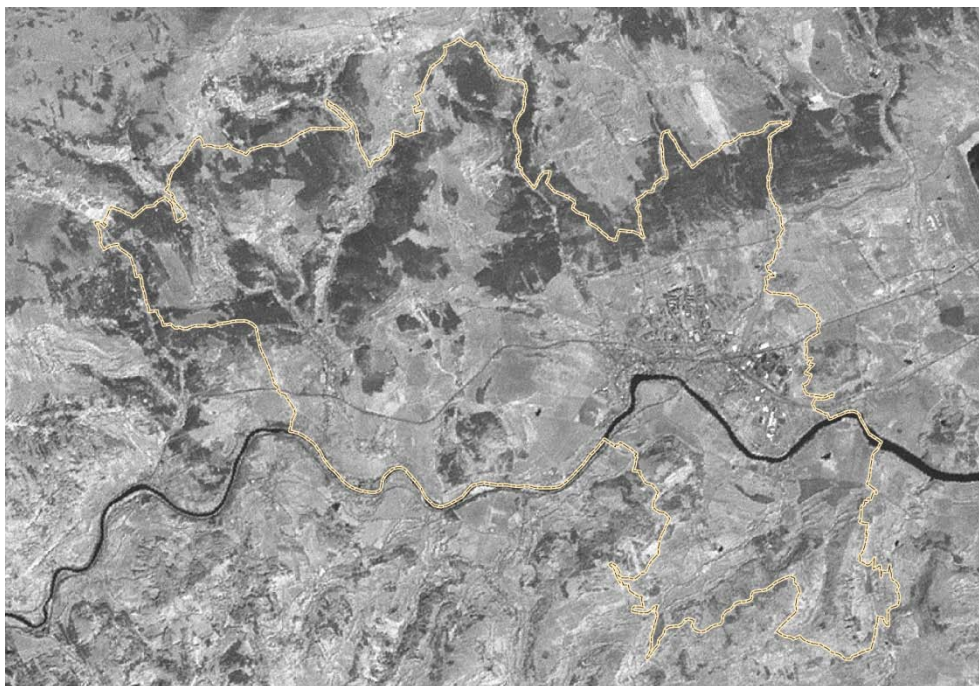
č. pásma	název a rozsah spektrálního pásma	velikost pixelu
1	modré (0,45 – 0,52 $\mu\text{m}$ )	30 m
2	zelené (0,52 – 0,60 $\mu\text{m}$ )	
3	červené (0,63 – 0,69 $\mu\text{m}$ )	
4	blízké infračervené (0,77 – 0,90 $\mu\text{m}$ )	
5	střední infračervené (1,55 – 1,75 $\mu\text{m}$ )	
7	střední infračervené (2,08 – 2,35 $\mu\text{m}$ )	60 m
6	termální (10,42 – 12,50 $\mu\text{m}$ )	
8	panchromatické (0,52 – 0,90 $\mu\text{m}$ )	15 m

Pramen: USGS - <http://landsat.usgs.gov>



Obr. 22 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 7 (kombinace pásem 4,3,2) z roku 2000

Pramen: autor, podkladová data LANDSAT 7 USGS, DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004



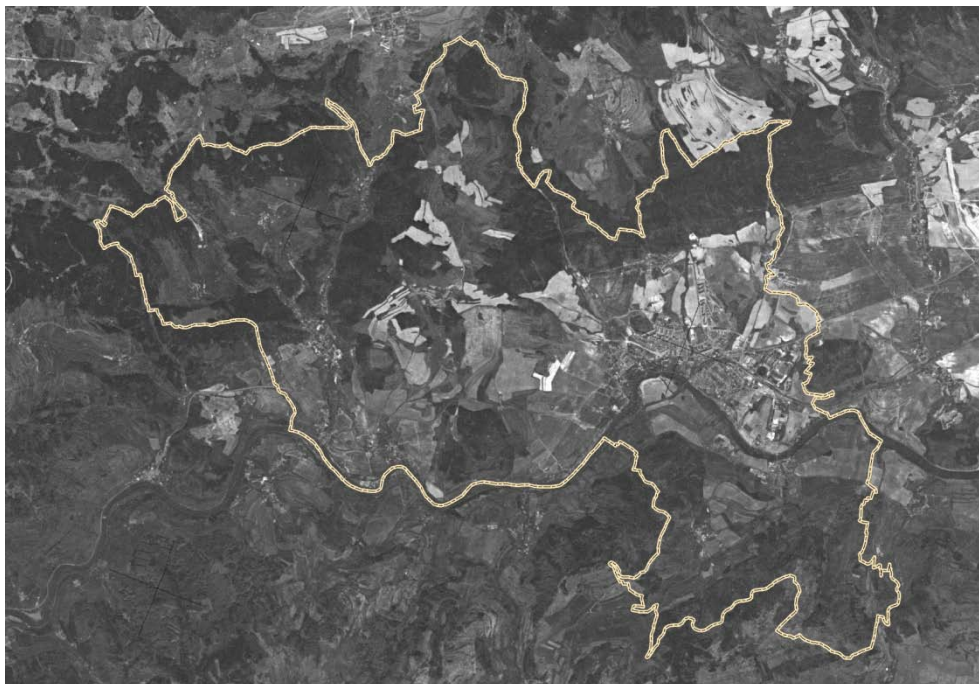
*Obr. 23 Modelové území na satelitním snímku družice LANDSAT 7 (panchromatický) z roku 2000*

*Pramen: autor, podkladová data LANDSAT 7 USGS, DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004*

## **Corona**

Nad rámec dat LANDSAT byla pro 70. léta pořízena data CORONA, neboť data LANDSAT MSS měla vzhledem k heterogenitě území jen omezené využití (Soukup, 2008).

V roce 1995 bývalý prezident Bill Clinton nechal odtajnit snímky ze zpravodajských systémů Corona, Argon a Lanyard a podpořil vytvoření databáze obsahující přes 850 tis. snímků. Na svou dobu podrobné černobílé letecké snímky byly využívány především ke špionáži území bývalého Sovětského svazu, Číny a dalších oblastí (mimo jiné i dnešního území Česka). Program Corona oficiálně skončil v roce 1972, ale družice pod označením KH (Key Hole) pokračovaly ve snímkování až do konce 90. let 20. století. Názvem Corona se obvykle označují jen družice KH 1–4, KH 5 je označen jako Argon, KH 6 jako Lanyard, KH 7, 8 Gambit atd.



Obr. 24 Modelové území na satelitním snímku družice KH ze 70. let 20. století

Pramen: autor, podkladová data KH USGS, DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004

## Zpracování satelitních snímků

Pro práci s daty s cílem získání podkladu pro hodnocení vývoje krajiny je nutné data upravit. Po získání dat musíme primárně vyřešit několik otázek 5 skupin problémů zabývajících se úpravami dat (Gisat, 2009).

**Formát dat.** Formát dat je prvním z problémů, který je nutné vyřešit. Současní provozovatelé satelitních systémů se neshodli na jednotném formátu nebo standardu, který by byl pro distribuci dat používán. Důsledkem je stav, kdy množství družicových dat je ve formátech vyvinutých jednotlivými provozovateli družic (a často ještě modifikovanými v rámci předzpracování dat na každé jednotlivé přijímací stanici, kde byla data připravena k dodání). Jedním z hlavních důvodů je zapsání vedle vlastních obrazových dat také dalších informací, např. tzv. orbitální parametry (používané při ortorektifikaci snímků, neboť umožňují vytvoření geometrického modelu pořízení družicové scény, který je specifický každé družicové platformě) (Gisat, 2009).

**Radiometrická hloubka.** Až do nedávné doby byla družicová data dodávána v 8-bitových obrazových formátech. V souvislosti s příchodem dat s velmi vysokým rozlišením se také objevily požadavky na vyšší rozlišení radiometrické. Většina nových družic již dnes pořizuje data zpravidla v 10-bitovém rozlišení a tato data jsou distribuována v 16-bitových datových formátech (Gisat, 2009).



### **Geometrické a radiometrické korekce**

Geometrické korekce se používají pro odstranění artefaktů, které se mohou v družicovém snímku objevit (např. chybějící nebo posunuté obrazové řádky a jejich části). Tyto opravy je zpravidla nutné provádět manuálně, automatizované postupy je možné využívat spíše výjimečně.

Cílem radiometrických korekcí je odstranění radiometrických zkreslení způsobených atmosférickými efekty a vlivu topografie (výškových změn) (Gisat, 2009).

### **Barevné úpravy**

Hlavním významem barevných úprav je potřeba barevně kvalitního obrazového výstupu. Nejčastěji se jedná o úpravu histogramu, popř. převod z 16-bitové podoby do 8-bitové. V případě multispektrálních dat je nutné vybrat optimální RGB kombinaci, která je závislá na výsledném účelu daného zobrazení.

**Změna projekce.** Před vlastním zpracováním satelitních snímků pro účely např. sledování vývoje krajiny je nutné z důvodu práce i s dalšími (většinou národními) daty provést změnu projekce. V této práci se jednalo převedení do Křovákova zobrazení (definovaném na Besselově elipsoidu v souřadnicovém systému S-JTSK).

## **2.6.5 Historické letecké měřičské snímky (LMS)**

Mimo družicových snímků byla využita i podrobnější data zastoupená černobílými leteckými snímky v měřítku 1:10 000 a 1:23 000 získanými z Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř) v Dobrušce. Tato rozsáhlá databáze historických leteckých snímků pokrývající v některých částech Česka i předválečné období byla vytvořena z důvodu tvorby a později aktualizace vojenských topografických map.

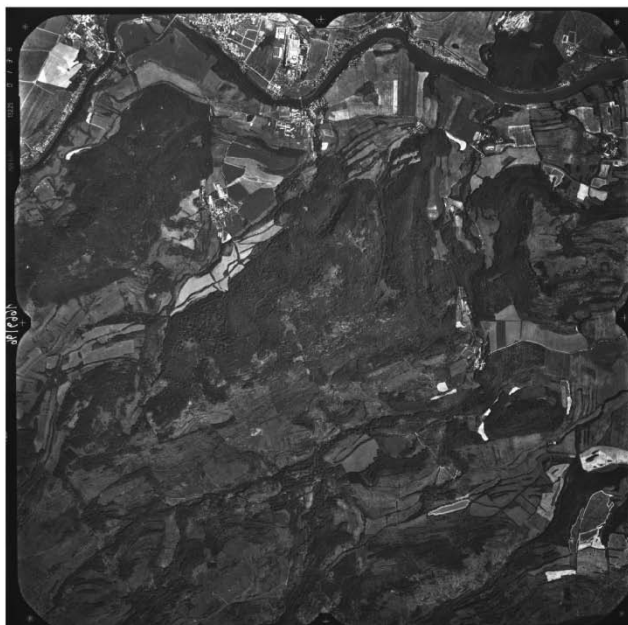
Data byla získávána v letech 2004–2005 od Vojenského topografického ústavu (VTOPÚ) v Dobrušce (dnes již Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu) v podobě kontaktních černobílých kopií na průhledném podkladě – tzv. inverzní pozitiv.

Tyto LMS byly pro potřebu digitálního zpracování následně fotogrammetrickým skenerem DSW200 Helava digitalizovány do formátu TIFF v rozlišení 1016 dpi.

Letecké snímky pro období posledních 40–60 let patří mezi nejvhodnější podklady umožňující detailní studium vývoje krajinné struktury. Poskytují názornou představu o tvaru, velikosti a uspořádání pozemků a strukturálních prvků krajiny i o jejich změnách v čase. Zejména pro postižení rychlých a



převratných změn v krajině od 50. do 70. let je letecký snímek nenahraditelný (Lipský, 2000).



Obr. 25 Ukázka snímku z roku 1996  
(v horní části řeka Ohře a Klášterec nad Ohří)

Pramen: autor, LMS VGHMÚř Dobruška 2004

Pro modelové území byly získány snímky z let 1964, 1982 a 1996 (Obr. 25). Pro snímky z let 1982 a 1996 byl dostupný kalibrační protokol s údaji o typu použitého senzoru, referenčním systému, referenčních jednotek (metry a stupně) a výšky letu. Pro rok 1964 byl odečten jen údaj o ohniskové vzdálenosti uvedený přímo na snímcích.

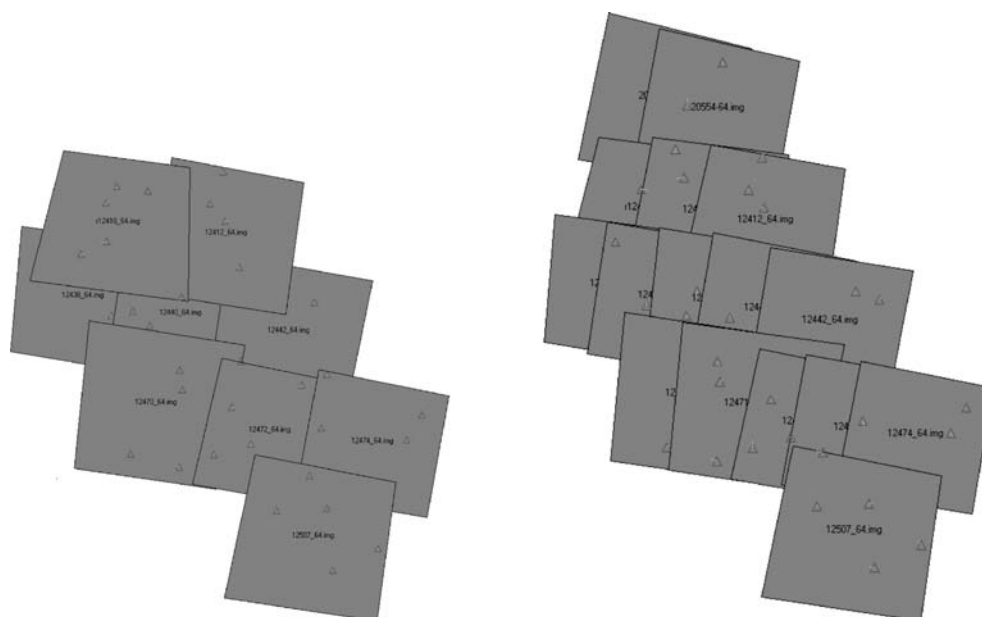
Tab. 7 Vlastnosti zakoupených sad leteckých snímků

Rok	Rozměr [cm]	měřítko	Ohnisková vzdálenost	Výška letu [m]	RZM [pixel]	Chyba [m]
1964	18x18	nezjištěno	70,96	nezjištěno	2,953	nezjištěno
1982	23x23	1: 29600	151,96	4498,02	0,783	0,58
1996		1: 26900	152,25	4095,53	0,839	0,56

Pramen: (VGHMÚř, 2009) a (Richter, 2006), upravenou autorem

Po získání snímkových sad pro dané roky bylo zjištěno, že 20–30% překryv je především u nejstarší datové sady nedostačující, proto byly zakoupeny další snímky, které celkovou scénu doplnily, a překryv činil 60 %. Celkový

počet pak pro rok 1964 byl 11 snímků (Obr. 26), pro rok 1982 6 snímků a pro rok 1996 8 snímků.



Obr. 26 Klad snímků<sup>18</sup> pro rok 1964 (vlevo původní, vpravo doplněný)

Pramen: autor, podkladová data Elznicová J.

## Zpracování LMS

Georeferencování leteckých snímků proběhlo na základě podkladů DMÚ 25 (Digitální model území 1: 25 000), ortofotomapy a jako vlíčovací body byly použity stálé topografické tvary (např. významné dopravní křižovatky apod.) a části krajinné struktury. Důvodem byl relativně malý časový rozestup leteckých snímků, DMÚ 25 a ortofotomap. Ověření lícovacích bodů bylo provedeno na základě polohově lokalizovaných údajů z DPZ. Samotné georeferencování a ortorektifikace leteckých snímků proběhly v prostředí Leica Photogrammetry Suite ve spolupráci s dr. Jitkou Elznicovou z Fakulty životního prostředí UJEP na základě její metodiky zpracování leteckých snímků.

Tab. 8 Střední kvadratická chyba RMSE (velikost v pixelech)

Rok	1964	1982	1996
RMSE	2,728	0,546	0,621

Pramen: Richter (2006)

<sup>18</sup> Klad snímků ukazuje oblast Klášterecka a Vejprtska z důvodu práce na projektu MPSV, kde byla obě modelová území řešena společně.

Prvním krokem zpracování snímků bylo založení projektu, nadefinoval se typ použitého senzoru, referenční systém, referenční jednotky (metry a stupně) a nakonec se zadala výška letu. U let 1982 a 1996 byly údaje zjištěny z kalibračního protokolu, proto bylo použito nastavení pro měřickou komoru. U roku 1964 nebyly tyto údaje známy, proto bylo použito nastavení pro neměřickou komoru.

Dále byly do projektu importovány snímky z jednotlivých let, které pro optimalizaci práce s velkými objemy dat byly tzv. pyramidovány (rozlišení se mění podle zvětšení, popř. zmenšení snímků). Tento proces následně výrazně urychluje a zjednodušuje práci s objemnými rastry a snižuje nároky na hardwarové vybavení.

K obnovení vnitřní orientace snímků, která slouží k navázání vztahu mezi pixelovými souřadnicemi naskenovaného snímku a snímkovými souřadnicemi definovanými rámovými značkami, bylo zapotřebí definovat vlastnosti použitého senzoru. U měřické komory byly určeny souřadnice rámových značek a u neměřické komory byla zadána velikost pixelu. (Prchalová, 2001)

K obnovení vnější orientace snímků bylo nutné určit potřebné množství vlícovacích bodů rovnoměrně rozložených po celém snímku. Pro každý snímek bylo vyhledáno přibližně 6 – 10 bodů. Nejvhodnějším místem pro určení vlícovacích bodů byly křižovatky silnic nebo cest, v nejnutnějším případě, aby byla zachována rovnoměrnost, se určily vlícovací body na okraji lesa nebo budovách.

Spojovací body jsou společné body na překryvu snímků bez reálných souřadnic, které celý blok snímků provazují a snižují potřebný počet vlícovacích bodů pro triangulaci. (Svatoňová, 2006)

Po nalezení dostatečného počtu vlícovacích bodů je možné provést triangulaci, kdy jsou obnoveny všechny prvky vnitřní a vnější orientace snímků.

Po triangulaci následuje krok ortorektifikace snímků, tedy zpracování polohově nezkreslených snímků. Vlastní ortorektifikace odstraňuje rozdíl v poloze obrazu objektu při středovém promítání a kolmém promítání. (Svatoňová, 2006)

Pro ortorektifikaci byl použit modul Orthobase, který používá pro zpracování více překryvových snímků tzv. „blokové vyrovnání“.

Posledním důležitým krokem bylo vytvoření mozaiky z ortorektifikovaných snímků v programu ERDAS IMAGINE, čímž vzniklo bezešvé ortofoto sledované oblasti. Při tvorbě mozaiky byly odstraněny okrajové části snímku a pomocí tzv. cutlines byly definovány linie řezů snímků, aby došlo k co nejlepšímu barevnému vyrovnání mozaiky (Prchalová, 2001).

Ostatní radiometrické úpravy byly již prováděny lokálně a individuálně s ohledem na subjektivní vnímání barvy.

Konkretizováním výše uvedených kroků je možné zjednodušit celý systém do dílčích etap (Svatoňová, 2006):

- převedení analogových snímků do digitální podoby (skenování) a převedení do formátu IMG;
- vytvoření referenční plochy pro x, y souřadnice vlíčovacích bodů;
- vyhledání společných bodů na překrývajících se částech snímků, tzv. tie points s relativními souřadnicemi (hledání společných bodů na dvou překrývajících se leteckých snímcích);
- vyhledání vlíčovacích bodů na leteckých snímcích se souřadnicemi, tzv. control points;
- triangulace snímků;
- ortorektifikace snímků;
- mozaikování a ořez ortofotosnímků.

#### **2.6.6 Ortofoto**

Digitální barevné ortofotosnímky byly získány od firmy Geodis Brno s.r.o. a z veřejně dostupných zdrojů. V prvním případě jsou získané ortofotosnímky z projektu ORTO ČR s velikostí pixelu 50 cm pro cílové měřítko 5000 a data se vztahují k rokům 2002 a 2003.

Základem pro tvorbu digitální ortofotomapy jsou kvalitně naskenované letecké měřické snímky, které byly aerotriangulovány a ortogonalizovány; zabezpečí se tím převedení perspektivní projekce snímků do projekce ortogonální se současnou eliminací sklonů kamery v okamžiku expozice snímku a odstraněním vlivu reliéfu terénu a zakřivení povrchu Země (<http://www.geodis.cz>). Aerotriangulaci jako široce používanou metodu při rekonstrukci snímku zmiňuje např. (Hartfiel, 1998).

Digitalizovány a dodány byly ve formátu nekomprimovaný TIFF (Tag Image File Format), georeference v TFW (TIF World) v souřadném systému S-JTSK (Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální).

Ortofotosnímky byly pořízeny z důvodu geometrické korekce a zpřesnění interpretace satelitních snímků (Soukup, 2008).



*Obr. 27 Ortofoto snímek rok 2003 - výřez části modelového území*

*Pramen: autor, podkladová data ortofoto Geodis s.r.o*

#### **2.6.7 Digitální model území 25**

Ze současných digitálních topografických databází byl vybrán DMÚ 25 (Digitální model území 1: 25 000). Databáze vznikla digitalizováním vojenské topografické mapy v měřítku 1: 25 000 a dále je aktualizována. DMÚ 25 je částí VGIS (Vojenského geografického informačního systému), jehož tvůrcem a správcem je VGHMÚř Dobruška. Obsahově odpovídá vojenské topografické mapě TM 25, jmenovitě obsahuje vrstvy: vodstvo, komunikace, potrubní a energetické trasy, rostlinný a půdní kryt, sídla, průmyslové a jiné topografické objekty, hranice, výškopis.

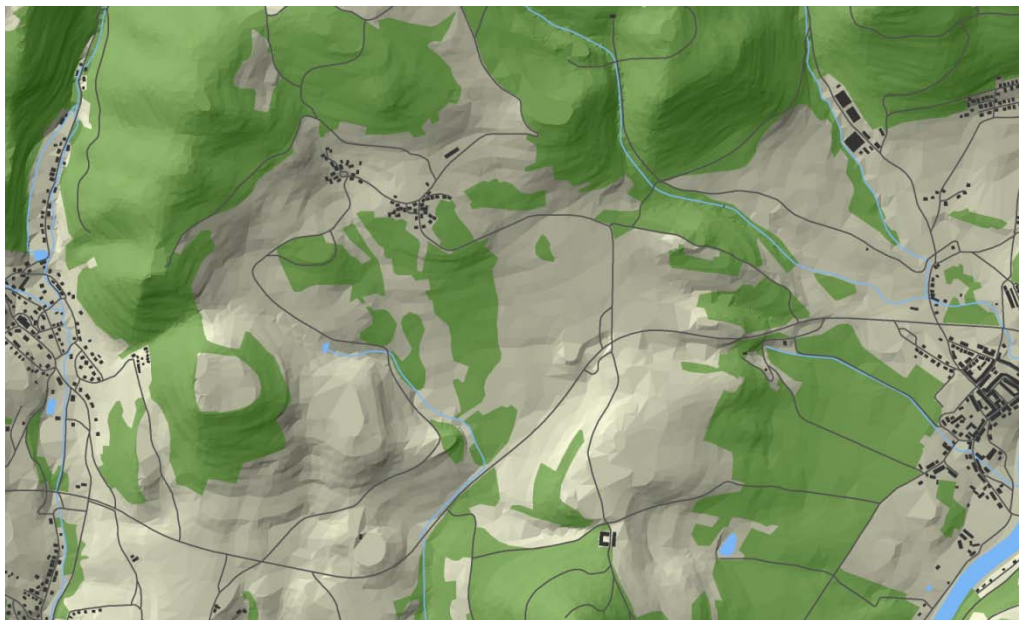
Tyto logické vrstvy jsou fyzicky členěny do 20 datových vrstev. Polohová přesnost dat je dána jednak jejich přesností při zákresu příslušných objektů v topografických mapách 1: 25 000, jednak určitostí jejich přirozené stabilizace v terénu. V rámci uložených dat v datové bázi DMÚ 25 je charakterizována 4 třídami přesnosti (Talhofer, 2002):

- třída přesnost < 0,5 m platí pro podrobné polohové body;
- třída přesnost < 3 m platí pro stabilní objekty polohopisu;
- třída přesnost < 10 m platí pro ostatní objekty polohopisu;



- třída přesnost < 20 m platí pro nestabilní objekty polohopisu.

Střední polohová chyba většiny stabilních objektů je v současné době dána hodnotou 17,9 m. Aktualizována je databáze na základě leteckých snímků a údajů z dálkového průzkumu Země. Souřadnicový systém je S-JTSK (Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální). (VTOPÚ, 1999)



*Obr. 28 DMÚ 25 - výřez části modelového území*

*Pramen: autor, podkladová data DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004*

### **2.6.8 Ostatní zdroje**

Dalšími doplňkovými zdroji pro interpretaci prvků z leteckých, popř. satelitních, snímků a datovými zdroji pro tvorbu digitálních modelů krajiny byly tematické databáze ekologických dat a dat z GEOFONDu, BPEJ (Bonitované půdně ekologické jednotky), hydrometeorologických dat, vodohospodářských dat, OPRL (Oblastní plány rozvoje lesů), statistických dat (Tab. 9).

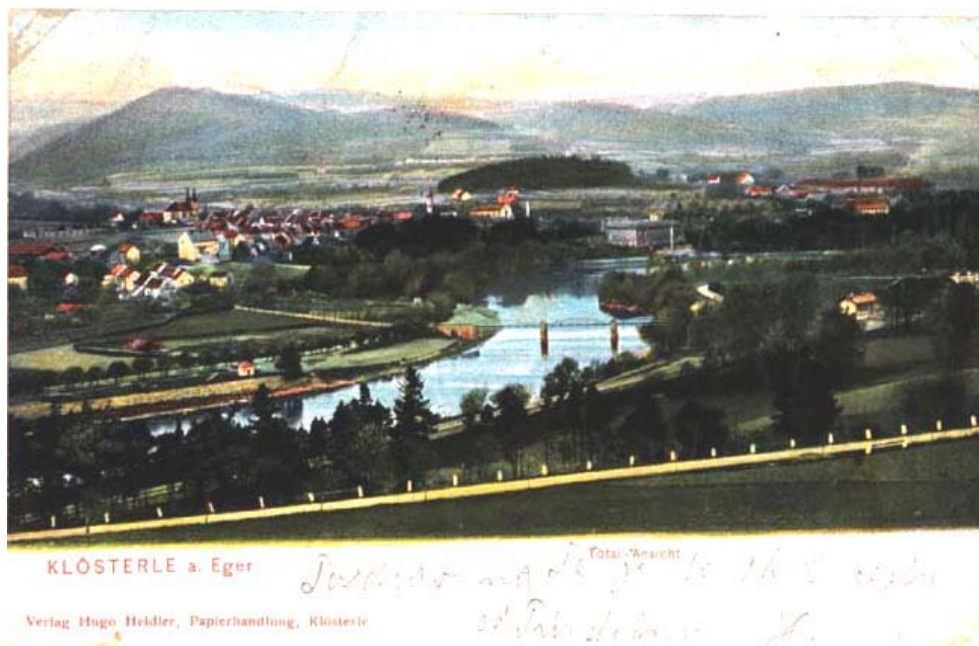
Tab. 9 Tematické databáze

databáze	instituce	měřítko	územní rozsah	formát
Geodatabáze map (GEO ČR 50), GEOFOND	Česká geologická služba	1:50 000	modelové území	shp
Bonitované půdně ekologické jednotky	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy	1: 5 000	Ústecký kraj	shp
Hydrometeorologická data	Český hydrometeorologický ústav	-	modelové území	xls
Základní vodohospodářská mapa	Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka	1:50 000	ČR	shp
Oblastní plány rozvoje lesů	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů	1:25 000	Ústecký kraj	shp
Sčítání lidí, domů a bytů	Český statistický úřad	-	Ústecký kraj	xls

*Pramen: autor*

Mimo „klasické“ prostorové typy dat jako mapy, letecké a satelitní snímky byly pro konkrétní části území využity i pohlednice z období od počátku 20. století do současnosti, nejčastěji kombinované se srovnávacími fotografiemi.

Soubor starých digitalizovaných kreslených pohlednic a fotografií byl získán z archivu v Kadani a pro oblast Klášterecka bylo vybráno 152 fotografií, které byly prostorově a tematicky lokalizovány.



Obr. 29 Kreslená pohlednice – Klášterec nad Ohří a okolí jihozápadu

Pramen: autor, Městský archiv Kadaň



Obr. 30 Fotografie z 1. poloviny 20. století – Klášterec nad Ohří a okolí z jihu

Pramen: autor, Městský archiv Kadaň





*Obr. 31 Fotografie z roku 2008 – Klášterec nad Ohří a okolí z Karlovarské silnice (D 13) při příjezdu do města*

*Pramen: autor, fotografováno 2007*

Některé fotografie bylo potřeba digitálně upravit z důvodu drobných poškození (přehyby, rukopisné poznámky atd.) nebo nekvalitního skenování (zesvětlení fotografie, zvýšení kontrastu atd.). Úpravy byly provedeny v programu Adobe Photoshop s ohledem na zachování informační kapacity snímků.



*Obr. 32 Fotografie z 1. poloviny 20. století (Obr. 31) po úpravě v programu Adobe Photoshop*

*Pramen: autor, Městský archiv Kadaň*

### 3 Aplikační část

#### 3.1 Charakteristika modelového území

Charakteristika neslouží k podrobnému popisu území, ale je jen jistým komplexním syntetizujícím pohledem na zkoumané území<sup>19</sup>.

##### Geopoloha

Klášterecko leží v západní části Ústeckého kraje (Obr. 33), rozloha modelového území je přibližně 4400 ha. Počet obyvatel dosahuje necelých 16 tis.

Území se nachází na okrajích Doupovských a Krušných hor, které rozděluje tok řeky Ohře. V okolí řeky jsou starší metamorphy krušnohorského krystalinika překryty vulkanity z Doupovských hor. Tyto předpoklady mají vliv na velmi rozmanitý reliéf oblasti, který je výrazný kuželovými tvary vulkanických suků Doupovského pohoří a příkrým svahem Krušných hor, rozčleněným údolími potoků (Klášterecký potok, Hučivý, Široký a Široký potok). Pestrý geologický a geomorfologický vývoj měl vliv i na minerální prameny v širším okolí, z nichž nejvýznamnější je Evženka vyvěrající přímo v Klášterci nad Ohří (v roce 1990 byl objeven nový pramen „Klášterecký pramen“).

V Krušných a Doupovských horách se zachovala celá řada původních, přirozených a přírodě blízkých biotopů s mnoha zvláště chráněnými druhy. Vedle vyhlášených a k vyhlášení připravovaných maloplošných chráněných území byly nejzachovalejší části Krušných hor, údolí řeky Ohře a především Doupovských hor nově navrženy k velkoplošné ochraně (CHKO Střední Poohří). Na území Klášterecka se nacházejí kategorie národní přírodní památky (NPP) Ciboušov a Doupňák a přírodní památky (PP) Mravenčák (doklad o vývoji okrajové části Doupovských hor), Rašovické skály a Louka vstavačů u Černýše.

V území se rozkládají dvě větší sídla Kláštec nad Ohří a Perštejn. Obě sídla leží v údolí řeky Ohře a územně se rozvíjejí směrem ke Krušným horám. Převážná část obyvatel území žije v Klášterci nad Ohří (cca 15. tis. obyvatel), který je centrem této oblasti a do kterého se zároveň soustřeďují veškeré socioekonomické aktivity. Osu území tvoří mezinárodní silnice I/13, která spojuje centra Karlovarského, Ústeckého a Libereckého kraje a je

---

<sup>19</sup> Detailnější informace popisující území můžete nalézt např. v diplomové práci V. Živnůtky (2006): *Hodnocení sociálních a ekologických změn v období transformace na příkladu modelového území Klášterecka*. Diplomová práce, 2006, UJEP v Ústí nad Labem.

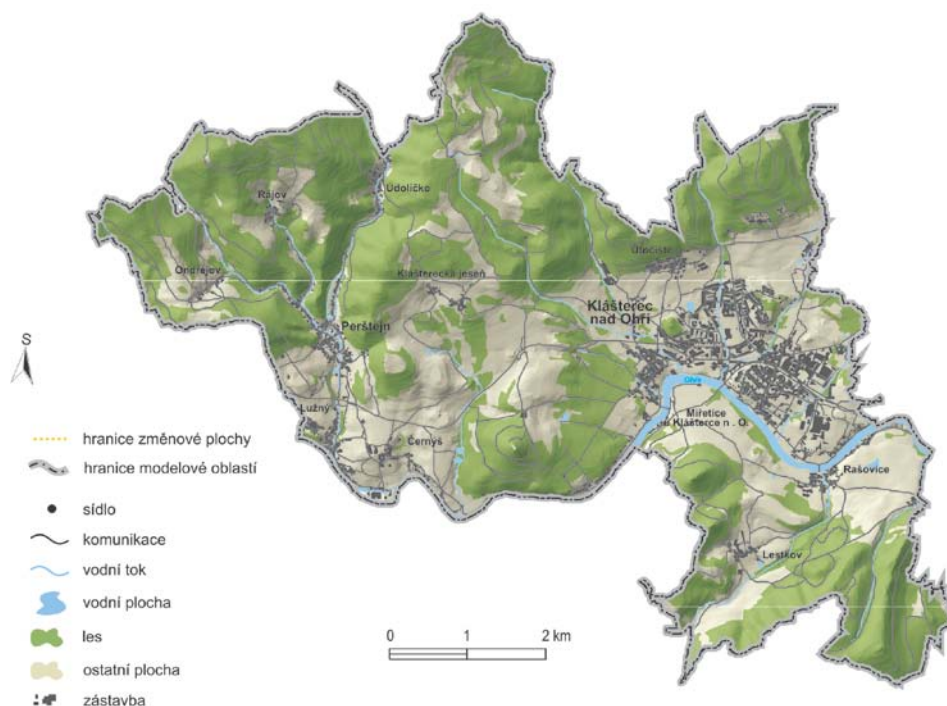
součástí tzv. polycentrické rozvojové podkrušnohorské osy (Anděl a kol., 2004). Historické konsekvence mají několik vlivů na obyvatelstvo, především z hlediska věkové struktury (vysoký podíl obyvatel do 14 let) a nízkého počtu rodáků (vysídlení původního německého obyvatelstva). Nízký počet rodáků se pravděpodobně projevuje i v jistém nezájmu o rozvoj města a oblasti. Oblast využila své polohy pro intenzivní rozvoj spotřebního průmyslu, ten má sice problematické dopady na krajinu (stavby na „zelené louce“), ale pozitivně působí na míru nezaměstnanosti. Město bylo ještě na konci 90. let z hlediska rozvoje terciéru nedoceňováno. Změna nastala v 90. letech, kdy byla otevřena střední škola a gymnázium. Svě sídlo v Kláštecku našla firma vytvářející program na místní kabelové televizi určený pro větší část bývalého okresu Chomutov. Klášterec i Perštejn se staly místy nové výstavby čtvrtí rodinných domů, jejichž rozvoj je zčásti způsobený i rozvojem místních stavebních firem, které skupovaly stavební pozemky, popř. ostatní „vhodná“ území, jež byla později zastavěna.

Modelovým sídlem pro práci je Klášterec nad Ohří, který nabízí typický příklad dlouhodobé transformace krajiny při zachování některých jejích historických rysů nadále vystupujících v současnosti, zatímco jiné rysy již byly zcela překryty.



Obr. 33 Modelové území v rámci Ústeckého kraje a ČR

Pramen: autor, podkladová data DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004



Obr. 34 Modelové území – vizualizace databáze DMÚ 25

Pramen: autor, podkladová data DMÚ 25 VGHMÚř Dobruška 2004

## Historie

Širší zázemí Klášterecka, především směrem ke Kadaňsku a ve vztahu k řece Ohři, je starou osídlenou oblastí. Doložené archeologické nálezy z Úhoště (knovízská kultura, 13.–8. stol. př. n. l.) nebo Jezerka u Kadaně (halštatská, popř. bylanská kultura, 7.–6. stol. př. n. l.) dokladují toto osídlení. Oblast měla na svou dobu i bohaté obchodní kontakty s Řeckem a Římem. Kelové zanechali i některé orografické a hydrografické názvy, např. Agara (Ohře) nebo Fergunna (Krušné hory). Keltské a posléze germánské obyvatelstvo je od 6. stol. n. l. postupně asimilováno se slovanským (tzv. superpoziční teorie). Významným historickým prvkem je i hora Úhošť na pravém břehu řeky Ohře nedaleko Kadaně. O Úhošti se dlouho uvažovalo jako o místě, kde se odehrála bitva u Vogatisburgu mezi slovanským panovníkem a franckým králem Dagobertem I., dnes je kladena na vrch Rubín u Podbořan.

### Klášterecko na nejstarších mapách

Na počátku 17. století se Klášterec s okolními hrady objevuje na Aretinově mapě (Obr. 35). Protože Aretinova mapa již obsahuje základní legendu, je

možné porovnat význam Klášterce s okolními sídly. Klášterec je znázorněn jako „Oppida Baronum et Nobilium“ s kombinací značky pro „Oppidum cum Arce“ - panské opevněné město (Obr. 36). Mimo samotného Klášterce (Klasterreg) najdeme na mapě ještě hrady Egerberg, Nový Šumburk a blíže ke Kadani umístěný Felixburg.



Obr. 35 Výřez modelového území z Aretinovy mapy (1. vydání rok 1619)

Pramen: Aretinova Mapa (<http://maps.fsv.cvut.cz>).



Obr. 36 Značka použitá pro znázornění Klášterce na Aretinově mapě

Pramen: Aretinova Mapa (<http://maps.fsv.cvut.cz>).

V 17. století se Klášterec spolu s Kadaní objevuje i na kartografické kuriozitě Vetterově mapa Čech v podobě růže. Má již český název Klasteretz



a společně s Kadaní mají stejnou kartografickou značku. Naopak na Vogtově mapě z počátku 18. století je již opět Klášterec znázorněn jako Opiddum (menší město) a Kadaň jako Civitas (větší město). Umístění Klášterce a jeho popisu je ale velmi nepřesné pro uživatele neznalého místní topografie, může dojít k záměně Klášterce a Felixburgu. I samotná značka je umístěna daleko od řeky Ohře, na jejímž levém břehu se město nachází. Ve stejném období vychází i mnohem podrobnější mapa Müllerova, která má bohatou legendu obsahující přes 3 desítky položek (Obr. 37), které popisují různé typy sídel (opevněná, s kostelem, roztroušené selské dvory a další), hutě, pošty, lázně, dráteníky atd. Na Klášterecku jsou zakresleny dvě desítky sídelních značek, řeka Ohře se 4 přítoky a další značky zobrazující silnice, lesy a hory (Obr. 37 a Obr. 38).



Obr. 37 Legenda Müllerovy mapy

Pramen: Müllerova mapa Čech (HÚAV Praha).



Obr. 38 Klášterecko na Müllerově mapě

Pramen: Müllerova mapa Čech (HÚAV Praha).

### 3.2 Kvantifikace horizontální struktury a chronostruktury krajiny

Pro účely kvantifikace byly vytvořeny klasifikační třídy z upravené kategorie CORINE Land Cover<sup>20</sup>:

- zastavěná území (112, 121, 122)<sup>21</sup>;
- těžební oblasti, skládky, areály výstavby (131, 132, 133);
- orná půda (211);
- louky a pastviny (231);
- sady a vinice (222);
- listnaté lesy (311);
- jehličnaté lesy (312);
- smíšené lesy (313);
- přechodová stadia lesa a křovin (324)<sup>22</sup>;
- vodní toky a vodní plochy (511, 512).

Z důvodu dalšího zpracování v programu ArcGIS byl vytvořen datový model, který obsahuje vrstvy shodné s výše uvedenými kategoriemi a příslušnými atributy odpovídající dané kategorii (např. u komunikací se bude jednat o atributy: typ, délka, ID).

---

<sup>20</sup> Poznámka: Vzhledem k redukované klasifikaci a neexistenci smíšených tříd, bylo nutno přistoupit k některým rozšířením oproti standardní CLC klasifikaci.

<sup>21</sup> V několika případech byla použita třída 142 (areály sportu a rekreace) pro rozsáhlé areály rozptýlené zástavby s předpokládaným rekreačním užitím (horské chaty, rekreační chaty, zahradní kolonie), tak aby bylo možno tyto areály mapovat, ale přitom odlišit od třídy 112.

<sup>22</sup> Vzhledem k neexistenci tříd heterogenních mozaik v zadání (především třídy 243 – mozaika, poli, luk a přirozené vegetace) byla tato mapována jako 211, 231, či 324 dle dominantního obsahu třídy.



<b>Třída</b>	<b>Podtřída</b>	<b>skupina</b>	<b>Kód</b>
urbanizovaná území	zastavěné území	městská nesouvislá zástavba	112
		průmyslové nebo obchodní zóny	121
		silniční a železniční síť a přilehlé prostory	122
	těžební oblasti, skládky, areály výstavby	těžba hornin	131
		skládky	132
		staveniště	133
zemědělské plochy	orná půda	orná půda	211
	louky a pastviny	louky a pastviny	231
	sady a vinice	sady a vinice	222
lesy a polopřírodní oblasti	listnaté lesy	listnaté lesy	311
	jehličnaté lesy	jehličnaté lesy	312
	smíšené lesy	smíšené lesy	313
	přechodová stadia lesa a křovin	přechodová stadia lesa a křovin	324
vodní plochy	vodní toky a vodní plochy	vodní toky a cesty	511
		vodní plochy	512

*Tab. 10 Klasifikační systém interpretovaných geoprvků vytvořený na základě upravené CORINE Land Cover klasifikace*

*Pramen: autor*

Pro některé potřeby byl výběr prvků generalizován do 8 skupin (les, orná půda, trvale travnaté porosty, zástavba, vodní plochy, vodní toky, silnice, železnice), atributy zůstaly zachovány. Ve srovnání např. s Corine 2000 (plochy rozděleny do 5 základních tříd a 15 podtříd) nebo MUC - Modified UNESCO Classification (10 základních tříd) je naše rozdělení ploch jednodušší, především z důvodu nemožnosti získání historických datových údajů o některých typech ploch. Přesto je možné říci, že v základních třídách CORINE 2000 je rozdělení shodné až na výjimky a zjednodušení uvedené výše.

Jak již bylo zmíněno v metodické části, byla pro účely klasifikace dat z DPZ vybrána metoda objektové klasifikace.

Pro použití objektové klasifikace byl použit program eCognition 8, konkrétně modul Mapquick i Developer. Obecně je možné říci, že program klasifikaci provádí ve dvou základních etapách (segmentace a klasifikace). Pro účely výpočtu krajinných metrik a určení permanentních fragmentů v krajině byl výsledek klasifikace exportován do formátu shapefile.

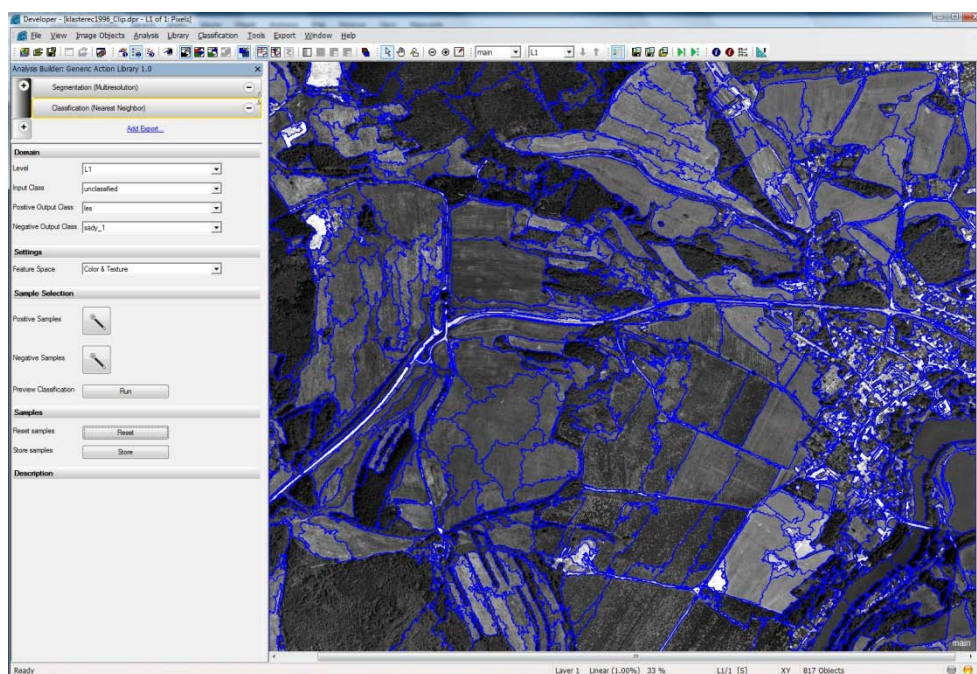
Z praktických a finančních důvodů byly nejdříve získané letecké měřičské snímky pro projekt MPSV a až o několik let později byly dodány satelitní snímky (pro účely zjištění potenciálu objektové klasifikace). Z tohoto důvodu nebylo možné dosáhnout ideálního časového překrytí leteckých měřičských snímků a satelitních snímků. Přesto byly letecké snímky použity jako podklad pro segmentaci a satelitní snímky pro tematické určení klasifikačních tříd a skupin. Tento částečný nesoulad byl použit za předpokladu určité státnosti ve vývoji krajiny v rámci 2–3 let a znalosti dynamiky změn v krajině v daném období. Na závěr byla ještě provedena vizuální kontrola klasifikace v oblastech s dynamickým vývojem v horizontální struktuře krajiny.

Pro segmentaci snímku byla vybrána metoda multiresolution segmentation, která vytváří základních obrazové objekty (segmenty) na základě spojování jednotlivých pixelů s danou mírou „homogeneity“ odvozenou od kombinace spektrální informace, texturální informace, tvaru objektů a topologie (sousedství). Multiresolution segmentation je založena na tzv. „bottomup“ segmentaci, přičemž dochází k postupnému spárování homogenních regionů (Definiens, 2009). Tento způsob segmentace u černobílých leteckých snímků použila např. (Halounová, 2002). Segmentace byla provedena v prostředí programu eCognition 8. Testovány byly obě dvě verze – Mapquick a Developer. Mapquick mimo použité metody „Multiresolution segmentation“, nabízí ještě metodu Quadtree a po klasifikaci využívanou metodu Merge. Metoda Quadtree nebyla použita pro segmentaci z důvodu, že výsledné segmentované objekty nemají přirozený tvar hranice, ale uměle vytvořený dělením pravoúhelníků.

Při práci s metodou „multiresolution segmentation“ v prostředí Mapquick je nutné nastavit dva parametry „Scale a Color“. Parametr „Scale“ určuje maximální směrodatná odchylka homogeneity plochy s důrazem na vážený obraz vrstvy. Vyšší hodnoty parametru budou dávat výsledky ve smyslu větších objektů. Parametr „Color“ určuje váhu barvy při segmentaci. Vysoké hodnoty parametru přiznávají větší význam barvě, nižší hodnoty naopak textuře. Při segmentaci Klášterecka byly tyto parametry nastaveny na 180 (Scale) a 0,8 (Color). Hodnoty parametrů byly získány na základě požadavků na segmentaci (především velikost dílčích ploch) a testováním jednotlivých hodnot s náhledem výsledků. Segmentace rozdělila území do přibližně 6 tis. plošek, které byly po klasifikaci spojovány. Zde je nutné zdůraznit, že je významný vztah mezi počtem plošek, celkovou délkou obvodu plošek a interpretací ve vztahu ke krajinným metrikám. Dalším příkladem možného

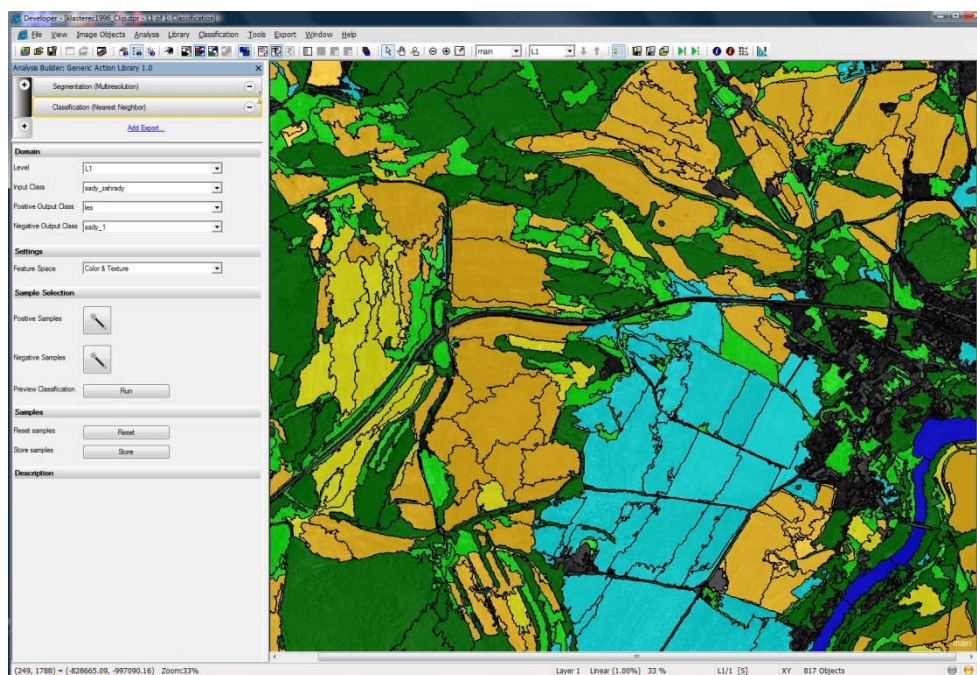
problému je výsledek segmentace lesa. Segmentace lesa na několik částí může budít dojem umělého rozdělení, které bez bližšího zkoumání nebo porovnání např. s databází OPRL může vést k chybnému sjednocení smíšeného a jehličnatého lesa.

Po provedené segmentaci snímku se přistoupilo ke klasifikaci. Prostedí Mapquick nabízí 4 druhy klasifikace výsledku segmentace – Brightness Threshold, Clutterremoval, Nearest Neighbor, Optimal Box Classifier). Pro klasifikaci snímků byla vybrána metoda „Nearest Neighbor“. Princip metody spočívá ve vybírání pozitivních a negativních klasifikačních tréninkových objektů. Na základě jejich vlastností jsou přiřazovány zbylé objekty. Klasifikace je tedy dichotomická, nelze získat více než dvě třídy objektů. Klasifikace snímku byla provedena aplikací sekvence metody v znalostní bázi (rule set) a postupně byla použita na všechny snímky v daných časových obdobích. Po klasifikaci byly provedeny ještě postklasifikační úpravy u malých plošek, kde bylo využito vizuální interpretace.



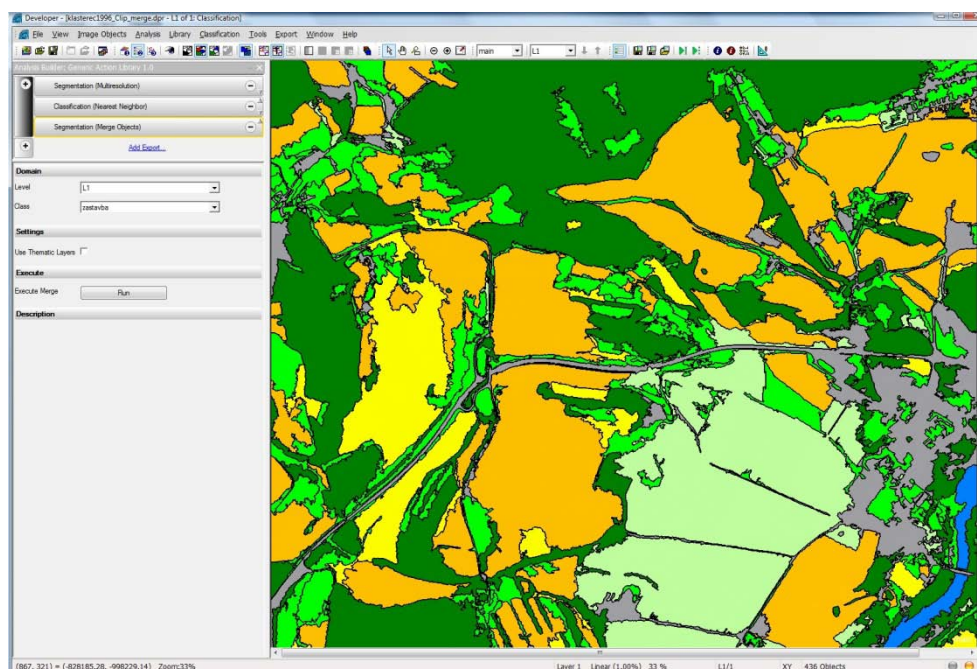
Obr. 39 Krok č. 1 – segmentace snímku (metoda Multiresolution Segmentation, Scale = 180, Color = 0,8) v prostředí eCognition Mapquick

Pramen: autor



Obr. 40 Krok č. 2 – klasifikace snímku (metoda Nearest Neighbor, příznakový prostor – barva a textura) v prostředí eCognition Mapquick

Pramen: autor



Obr. 41 Klasifikace snímku (metoda Merge Objects) v prostředí eCognition Mapquick

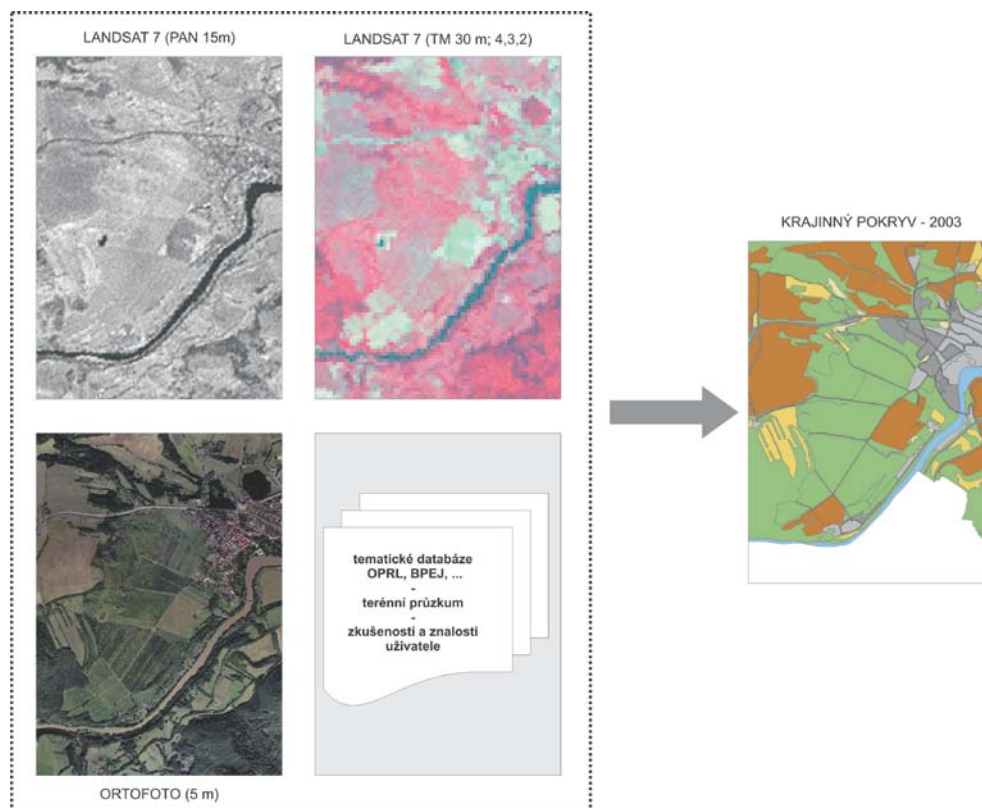
Pramen: autor

V průběhu vytváření klasifikačního modelu historických časových období byla ověřována přesnost klasifikace na základě srovnání s vizuální interpretací



objektů. Limitní přesnost interpretovaných objektů byl stanoven na 80 %. Pro současnost byly výsledky ověřovány terénním výzkumem 25 pozic, ověřených na základě určení polohy GPS, požadovaná minimální limitní přesnost byla stanovena na 90 %.

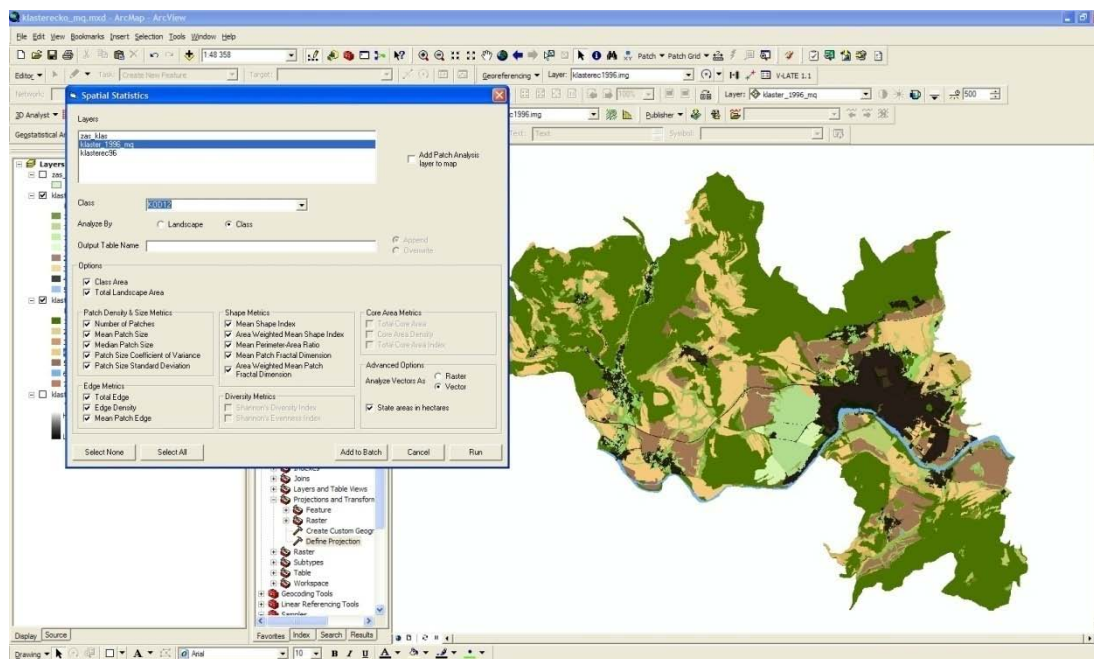
Na základě výše popsané objektové klasifikace byly vytvořeny vrstvy ve formátu shapefile obsahující zastoupení jednotlivých tříd a skupin.



Obr. 42 Schéma procesu klasifikace krajinného pokryvu pro rok 2003

Pramen: autor

Mimo zjištění zastoupení jednotlivých tříd v rámci krajinné struktury bylo provedeno hodnocení krajiny na základě zjištění a kvantifikace krajinných metrik, jak to doporučuje ve své práci z roku 2000 Farina. Pro naše účely byl využit volně dostupný software Patch Analyst (Obr. 43).



Obr. 43 Výpočet krajinných metrik pomocí extenze Patch Analyst pro ArcGIS

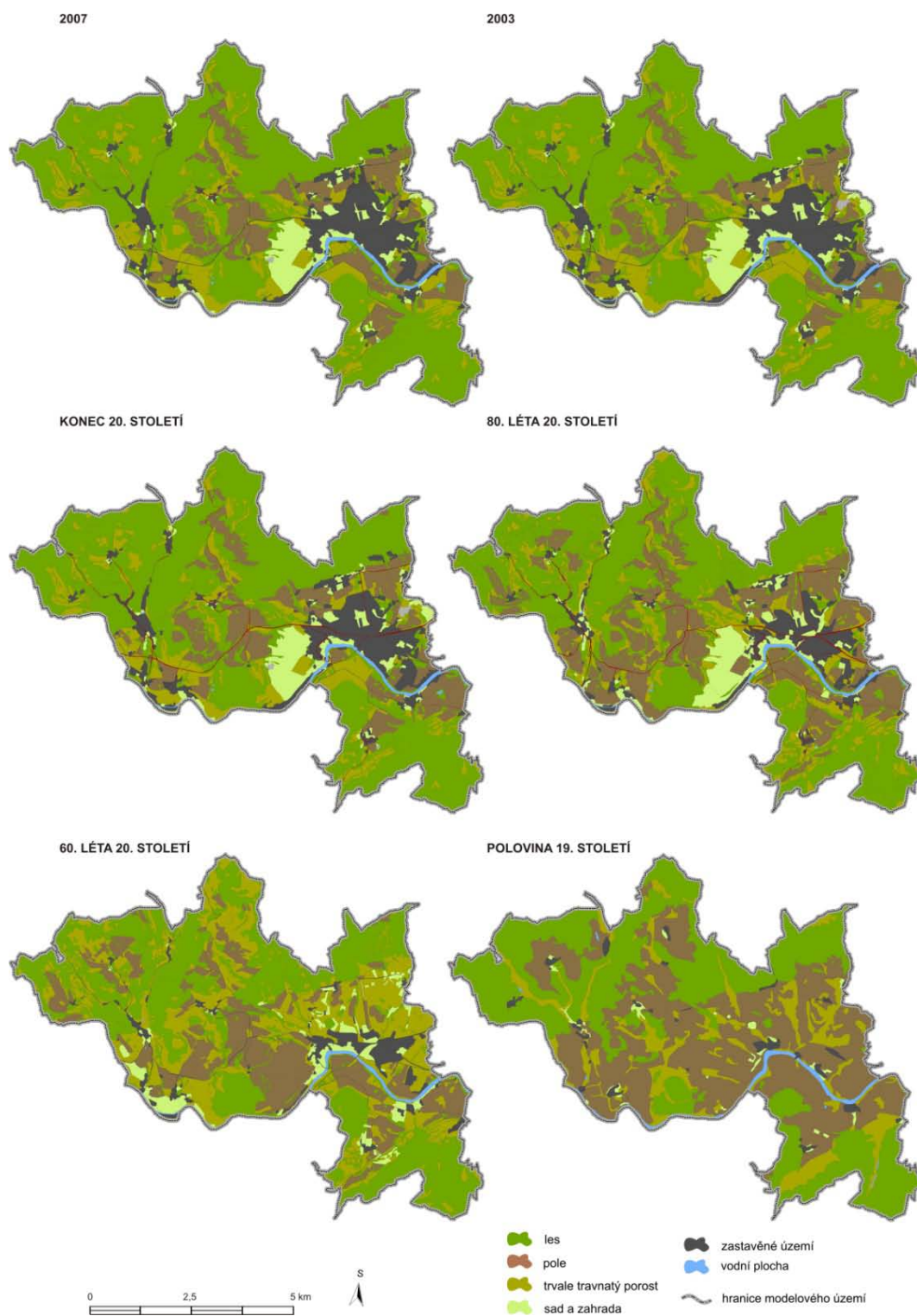
Pramen: autor

V druhé řádovostní úrovni byly sledovány i tzv. permanentní fragmenty krajiny, které lze definovat jako relativně neměnné prvky, pro něž je charakteristický spojitý (ne nutně přirozený) vývoj. Časové vymezení permanentního objektu závisí na druhu daného objektu. Obecně je možné vycházet z práce Marcucci z roku 2000, kde jsou vymezeny intervaly trvání „klíčových“ procesů změn v krajině. Na základě analýzy těchto intervalů lze stanovit, že permanentním prvkem v krajině se stanou výsledky kulturních a ekonomických procesů v intervalu  $10^0$ – $10^3$  let. V našem případě a ve shodě např. s Popelkovou (2009) byly vymezeny permanentní prvky podle původu na přirozené a antropogenní. Z prvků přirozeného původu jde především o památné stromy (10 na celém modelovém území, a z toho 6 v Klášterci nad Ohří) (Tab. 11).

Tab. 11 Památné stromy v modelovém území

Název	Druh	Katastrální území	Počet s = skupina	Odhadované stáří [roky]
Jírovec v Miřeticích	Jírovec maďal	Kláštorec nad Ohří	1	150
Dub u koupaliště	Dub letní		1	250
Dub u Pavlova			1	200
Duby ve Školní ulici			3 (s)	200

Pramen: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR



Obr. 44 Krajinový pokryv (generalizovaný) ve sledovaných obdobích v modelovém území

Pramen: autor



### **3.3 Interpretace výsledků horizontální struktury a chronostruktury krajiny modelového území (3. řádovostní úroveň)**

Dlouhodobé sledování vývoje krajiny je důležité, jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, pro účely této práce pro zjištění permanentních prvků v krajině a sledování druhu a velikosti změn mezi jednotlivými třídami prvků. Pro získání těchto výsledků byla zpracována data z 6 časových horizontů (1 x stabilní katastr, 5 x letecké, resp. satelitní snímky).

Při bližším zkoumání především daných časových horizontů je možné činit konkrétní závěry.

Z hlediska vývoje modelového sídla je nejvýznamnější změnou nárůst zastavěné plochy. Detailnější funkční diferenciaci města je pak ovlivněna skutečností, že při jeho rozvoji byly „pohlcovány“ existující obce (např. Miřetice, Ciboušov, Rašovice) v jeho zázemí. Tuto skutečnost lze shrnout do principu, že územní rozvoj města je - spíše než kontinuálním růstem obalových zón - dán paralelním, avšak různě intenzivním růstem sousedních sídel a jejich vzájemným propojením (Oršulák a kol., 2007). Při jiném pohledu je možné chápat územní rozvoj města jako proces snažící se o dynamickou stabilitu, kdy k územnímu sjednocení sousedních sídel s centrálním dochází při potřebě zachovat tuto stabilitu. V případě že by nebylo sjednocení možné (např. negativní postoj obyvatel menšího sídla), bude větší sídlo hledat pro zachování dynamické stability méně vhodné varianty rozvoje.

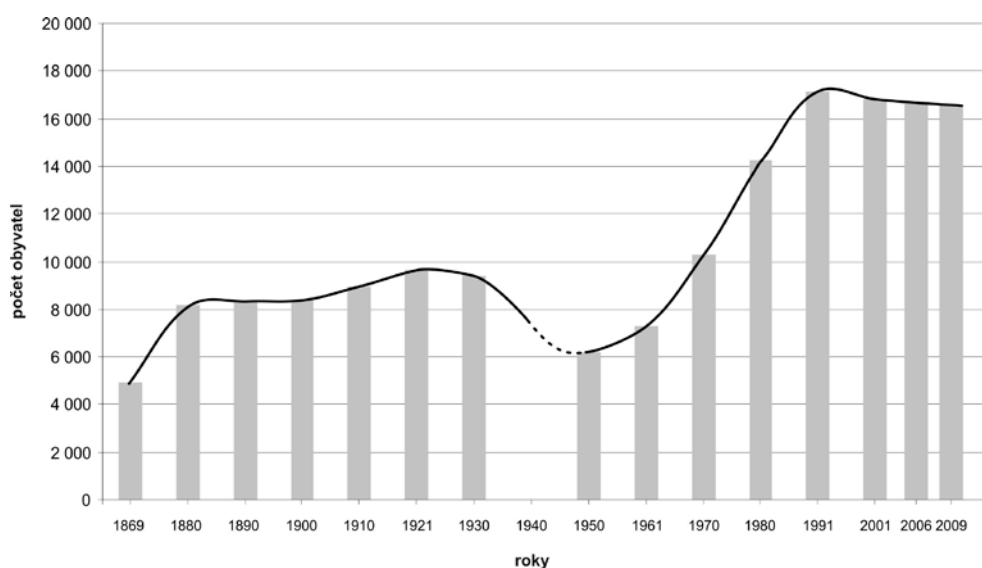
Permanentní prvky v krajině (především v oblasti modelového sídla) byly předběžně vymezeny a dále budou konkretizovány na základě dalších zdrojů (katastr nemovitostí, kronika města atd.).

Sledované období vývoje krajiny začíná přibližně s obdobím 1. vojenského mapování, tzn. od poloviny 18. století. Je nutné ale zdůraznit, že období, pro které jsou jako zdrojem mapy 1. a 2. vojenského mapování, je sledováno pouze k získání představy o vývoji území, nikoli ke kvantifikaci struktury krajiny. V období do druhé světové války bylo modelové území zemědělskou oblastí, kde podíl orné půdy a trvale travnatých porostů přesahoval 2/3 plochy celého území. Z doby před tímto obdobím lze o stavu a využívání krajiny použít de facto jen zápisy z berních rul. Např. dle zápisů z berní ruly z pol. 17. století lze odvodit, že se využíval trojpolní systém, osévala se na zimu přibližně 1/3 plochy, na jaře 1/4 a zbytek se nechával úhorem. V polovině 18. století dochází k požáru Klášterce, který svými důsledky vede ke zchudnutí obyvatel celé oblasti. Nečekaným důsledkem této události byla motivace sedláků k vykonávání robot místo jejich vyplácení, jak bylo tehdy již běžným zvykem. Z tohoto důvodu se znovu začalo obhospodařovat okolí Šumberku (Vachata, 1997). Tento stav roboty místo vyplácení trval až do

1. poloviny 19. století, kdy vrchnost na Klášterecku dala toto vyplácení za povinnost. O několik let později, v roce 1848, došlo ke všeobecnému zrušení naturálních i peněžitých forem poddanského poměru za tzv. náhrady, které stanovila vyvazovací komise v dané oblasti. Dle Vachaty (1997) někteří sedláci záměrně promeškávali lhůtu k vyvázání (konec dubna 1852), protože neměli na své „vyplacení“ z poddanství.

Obecně je možné říci, že struktura krajiny se až do začátku 20. století výrazně neměnila. Dochází k postupnému nárůstu orné půdy, úbytku trvale travnatých porostů a lesů. Úbytek lesů lze zčásti připsat zvyšování podílu orné půdy a zčásti průběžnému zvyšování objemu těžby dřeva. Jedním z důvodů tohoto zvyšování objemu těžby mohla být špatná finanční situace města Klášterce (Vachata, 1997), dalším pravděpodobným důvodem bylo hutnictví na Perštejnsku a od začátku 18. století také rozvoj papírenství (Binterová, 2001).

Z hlediska vývoje počtu obyvatel je možné hodnotit období do 2. světové války jako stabilní s mírným růstem počtu obyvatel. Výraznou změnou prochází území po 2. světové válce, nejdříve dochází k úbytku původního německého obyvatelstva nuceným odsunem<sup>23</sup> (Obr. 45), který je sice zčásti kompenzován příchodem obyvatelstva z jiných částí republiky, ale jeho vzdělanostní, náboženská a věková struktura je rozdílná.



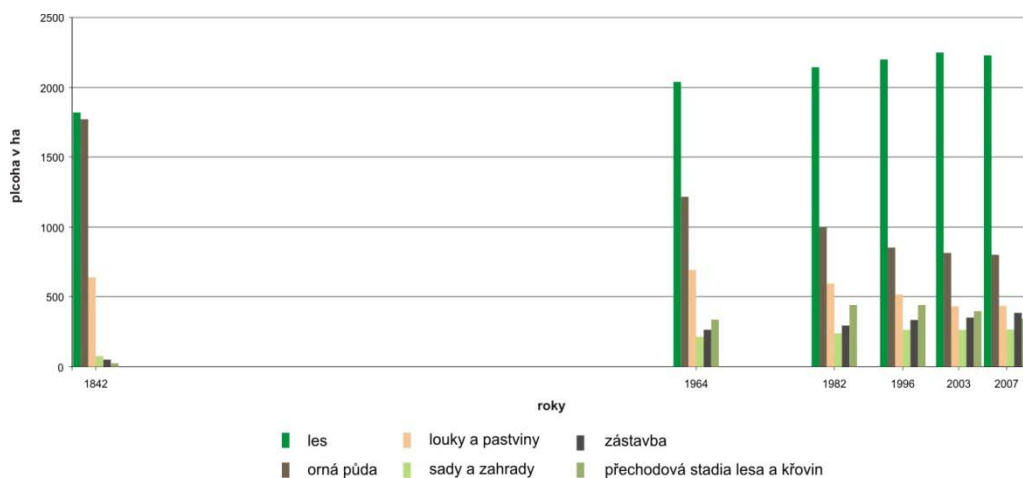
Obr. 45 Vývoj počtu obyvatel Klášterecka v letech 1869 – 2007

Pramen: autor, data ČSÚ 2009

<sup>23</sup> V celkovém počtu obyvatel před odsunem (1930) a po odsunu (1950) se jedná o cca 30% úbytek.

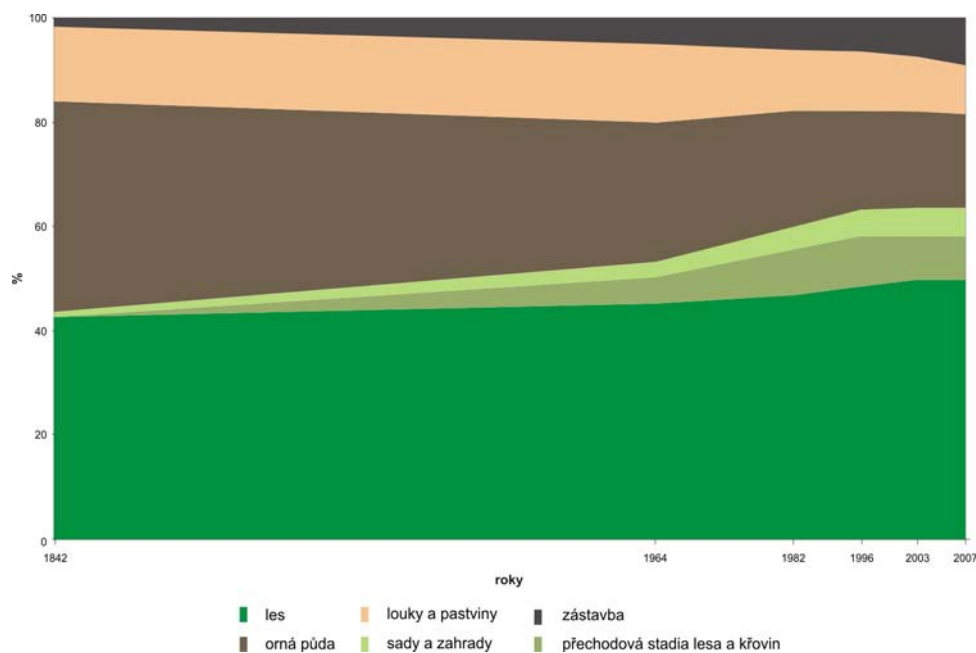
Po 2. světové válce přichází výrazný rozvoj oblasti, především díky Klášterci nad Ohří, který se stává počtem obyvatel srovnatelným městem s Kadaní. Tohoto stavu Klášterec dosáhl především intenzivní výstavbou panelových domů jako zázemí pro pracovníky v povrchových hnědouhelných dolech a energetice. Místně se rozvíjí také strojírenský průmysl (ZKL Klášterec nad Ohří) a spotřební průmysl.

Struktura krajiny modelového území dosahuje kvantitativně významných změn až po 2. světové válce. Na grafu je vidět v tomto období výrazný pokles plochy orné půdy, který je pravděpodobně způsoben odsunem části původního německého obyvatelstva a neobnovením po příchodu nového, které je spíše zaměstnáno v průmyslu. Trend úbytku orné půdy stále pokračuje, i když informace např. z katastrální evidence uvádějí trend spíše stabilní s mírným poklesem. Někteří autoři tuto nesrovnalost informací také postihují např. Balej (2009). Pokles pokračuje až do současnosti, kdy je již sice situace stabilizovaná, ale obdělávané půdy je pouze cca 18 % oproti 27 % na počátku 60. let 20. století. Setrvalým poklesem až na cca 5 % původního stavu v polovině 19. století se projevuje i počet plošek. Mezi roky 1842 a 1964 je to o 83 %, mezi roky 1964 a 1982 o 43 %, mezi roky 1982 a 1996 o 36 % a v posledním období do roku 2007 o 9 %.



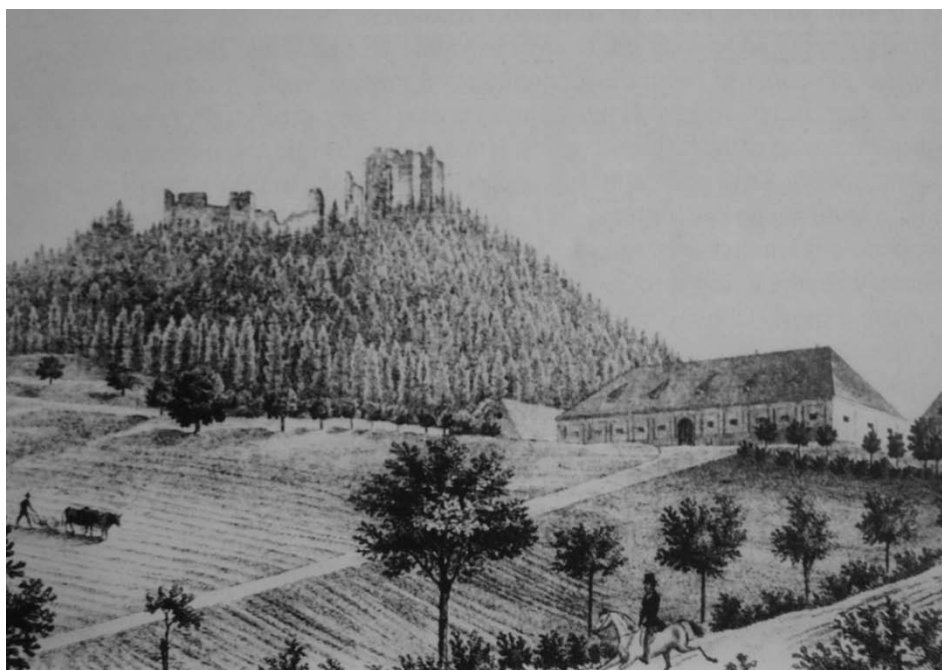
Obr. 46 Změny velikosti ploch ve sledovaných kategoriích modelového území

Pramen: autor



Obr. 47 Vývoj poměrného zastoupení ploch sledovaných kategorií v modelovém území

Pramen: autor



Obr. 48 Kresba z poloviny 19. století ukazuje část Šumburského panství s ornou půdou, v současné době jsou na těchto plochách louky a pastviny

Pramen: Městský archiv Kadaň



*Obr. 49 Fotografie zobrazující přibližně stejnou oblast jako kresba na Obr. 48 (změna z pole na louky a pastviny)*

*Pramen: autor*



*Obr. 50 Ukázky 4 různých částí Klášterecka, které až do začátku 90. let byly obdělávané jako pole*

*Pramen: autor*

Při hledání trendů vývoje plochy a plošek lesů je jedním z prvků nárůstu ploch lesů jejich pozvolná transformace ve směru: *orná půda >> louky a pastviny >> přechodová stadia lesa a křovin >> lesy*. Tato transformace není úplná, jednotlivé úbytky kategorií jsou transformovány i v jiných směrech: *orná půda >> louky a pastviny >> zástavba* nebo *orná půda >> zástavba*. Příklady těchto procesů nalezneme na území Klášterecka v relativně časté míře.

Trend úbytku orné půdy na úkor lesa (dle CORINE) je patrný v celé lesní oblasti Krušné hory (Balej, 2009), Klášterecka se týká především ve své západní polovině, které je na úpatí Krušných hor a je zde možné sledovat největší přírůstek lesa.

Louky a pastviny měly nejvyšší zastoupení v období po 2. světové válce, následující pokles kopíruje křivku poklesu orné půdy.

Dynamicky a neustále roste zastavěná plocha v modelovém území, hlavními příčinami jsou panelová výstavba a rozšiřování průmyslových ploch v polovině 20. století, na přelomu století pak výstavba čtvrtí rodinných domů na okrajích Klášterce a Perštejna a stavba nových podniků na „zelené louce“ u Klášterce nad Ohří. V souvislosti s výstavbou rodinných domů mají růstovou tendenci plochy zahrad (v kategorii sady a zahrady).

Pixová (2005) a Sklenička, Lhota (2002) se zabývali hodnocením struktury krajiny na základě: vývoje heterogenity krajiny, podílu zastoupených vybraných tříd využití území, hustoty okrajů a hodnoty metrik ED, MPS, relativní NumP. Tyto charakteristiky získali vektorizací a interpretací map stabilního katastru a černobílých leteckých měřičských snímků. Cílem hodnocení (Sklenička, Lhota, 2002) bylo rekonstruovat krajinu pro rekultivační účely na základě srovnání s obdobím před začátkem povrchové těžby hnědého uhlí v oblasti Chabařovického lomu. Balej (2009) hodnotil vývoj krajiny ve třech modelových územích Ústeckého kraje na základě analýzy vybraných krajinných metrik a metody ekologického stresu. I další autoři doporučují při sledování vývoje krajiny mimo zastoupení jednotlivých typů sledovat i jejich vlastnosti pomocí krajinných metrik. Na základě těchto zkušeností byly zjištěny vybrané krajinné metriky i pro modelové území Klášterecko.

Metrika plocha typů plošek („Class area“, CA) je především určující pro určení krajinné metriky, která následně slouží k určení heterogenity krajiny (Sklenička, Lhota, 2002). Sledování vývoje hodnoty CA je nejběžnější metodou určení vývoje krajiny. Vývoj této metriky na Klášterecku je na Obr. 46. Počet plošek („Number of patches“, NumP) je dalším ukazatelem sledující celkovou mozaikovitost krajiny. Tento ukazatel je možné sledovat za jednotlivé typy nebo za celé území. Pokud se zaměříme na plošně



nejrozsáhlejší typy, pak počet plošek lesů se postupně snižuje s jedním lokálním maximem v 80. letech 20. století. Tento trend je zčásti způsobený přirozeným zarůstáním dělicích koridorů (staré cesty, průseky atd.) a zanikáním menších lesních ploch. U orné půdy je výrazný pokles plošek patrný až do poloviny 80. let 20. století. V dalším období pokles stagnoval a v současnosti se již nemění. Důvodem pro tento stav je především kolektivizace, která výrazně zasáhla do mozaikovosti české krajiny jako celku. Třetím plošně nejvíce zastoupeným typem jsou louky a pastviny. Počet plošek má maximum v polovině 60. let 20. století, kdy pravděpodobně ještě území nezasáhlo zcelování pozemků, které na území proběhlo až v 70. letech. Dalším činitelem snižování počtu plošek od poloviny 60. let je zarůstání pasek na styku s lesy, popř. rozoráváním na ornou půdu. Hustota plošek („Patch density“, PD) – relativní hodnota určující počet plošek na jednotku plochy. Stejně jako hustota zalidnění, umožňuje tento přepočít srovnat mozaikovost různě velkých ploch jednotlivých typů. Můžeme konstatovat, že největší hustotu plošek napříč jednotlivými typy vykazují v různých časových úsecích louky a pastviny. Nejmenší hustotu plošek pak mají lesy a orná půda. Průměrná velikost plošky („Mean patch size“, MPS) v modelovém území ukazuje opět na fragmentaci krajiny. Lze ji hodnotit v rámci jednotlivých typů nebo aplikovat na celé území. Při aplikaci na celé území můžeme sledovat vývoj tohoto ukazatele v čase. Na Klášterecku průměrná velikost plošky mírně klesá. Z hlediska posouzení průměrné velikosti plošky u jednotlivých typů je logický předpoklad největších hodnot u plošně nejvíce zastoupených typů, který se i potvrdil. Celková délka okrajů („Total edge“, TE) a její přepočít na jednotku plochy – hustota okrajů („Edge density“, ED) ukazují na členitost hranic (prostorovou heterogenitu) plošek. Nejvyšší hodnotu, až trojnásobně vyšší než druhý typ, mají lesy. Tento výsledek je zčásti způsobený využitím automatické segmentace, která byla schopna zachytit výrazně nezjednodušený průběh hranice lesů, na rozdíl od ruční vektorizace. Zčásti je způsobený přirozeným vývojem lesů, kde hranice lesů je vždy členitější než např. průběh hranice orné půdy. Průměrný index tvaru („Mean shape index“, MSI) vypovídá o nepravidelnosti, resp. kompaktnosti plošek. MSI vykazuje u všech typů relativní pravidelnost území (průměrná MSI měla hodnotu od cca 1,8 do 2,0). Nevýhodu z hlediska srovnání kompaktnosti různě velkých ploch odstraňuje vážený index tvaru („Area-weighted mean shape index“, AWMSI), který je odvozený od předcházející metriky a váží její hodnotu velikostí jednotlivých enkláv. V modelovém území je to významné z důvodu posouzení plošně rozsáhlých ploch. Zatímco MSI je u orné půdy a lesů srovnatelné, tak AWMSI u lesů dosahuje poměrně o 2/3 větší hodnotu než orná půda. Průměrná fraktálová dimenze plošek („Mean patch fractal dimension“, MPFD) a vážená fraktálová dimenze plošek („Area-weighted mean patch fractal dimension“, AWMPFD)

na Klášterecku opět reflektuje složitost tvarů plošek. Z posuzovaných 3 nejvíce zastoupených typů nabývá největších hodnot (cca 1,4) u luk a pastvin. Shannon index diverzity („Shannon's diversity index“, SHDI) je předposlední metrikou kvantifikující krajinu v modelovém území. SHDI postupně klesá po celé sledové období – nejvyšší je v 19. století a klesá až na hodnotu 1,19 v současnosti. Dle výkladu Baleje (2009) je to díky poklesu počtu plošek a zmenšování rovnoměrnosti plošného zastoupení jednotlivých typů. Posledním indexem je Shannon index stejnoměrnosti („Shannon's evenness index“, SHEI), který kopíruje dynamiku poklesu SHDI.



### 3.4 Historický a stavební vývoj modelového sídla Klášterce nad Ohří (2. řádovostní úroveň)

**Klášterec nad Ohří.** Osídlení trvalejšího charakteru je vázáno na vznik dvorce s klášteřem (mezi lety 1150–1250), který patřil k benediktýnskému opatství v Postoloprtech. Obdobný vývoj probíhá i v již zmíněné Kadani, kde namísto benediktýnů působí Johanité. Ve 13. století zrušil Přemysl Otakar II. probošství a území přičlenil koruně (Vachata, 1997). V tomto období již začíná převažovat význam Kadaně, která se stává svobodným královským městem (následně také správním centrem Žatecké oblasti) a Kláštec se stává „druhým“ sídlem v oblasti. Zánik probošství byl pro Kláštec velmi nevýhodný a je možné, že to král udělal z důvodu posílení Kadaně. Jinou variantu vývoje probošství uvádí autoři (Anděl a kol., 1992), kteří datují zánik probošství až do doby husitských válek. Ve 14. století získává Kláštec rod pánů ze Šumburka. S tímto rodem je svázán i další rozvoj osady. Z roku 1352 pochází i písemná zmínka o latinském názvu Claustrellum, z roku 1356 německý název Klosterlin a v roce 1407 i poprvé český název Klasterzecs. V roce 1449 je Kláštec v dvorských lenních deskách označen již jako trhově ves s částečným opevněním (Vachata, 1997). Na přelomu 15. a 16. století se stává městečkem, počátkem 16. století je vybudován panský dům. Dalším impulsem k rozvoji je držení Klášterce rodem Fictumů, který nechává na konci 16. století postavit renesanční zámek, a v tomto období získává městečko svůj půdorys, jenž se v hrubých rysech ve starém městě dochoval dodnes.

Změna vlastníků se v Klášterci vždy projevovala čilým stavebním ruchem a rozvojem, nejinak tomu bylo i s převodem vlastnictví na rod Thunů v roce 1623 po bitvě na Bílé hoře. Rod Thunů v rámci kláštereckého panství propojil bývalé panství šumburské, felixburské a statek Pětipsy. Thunové v polovině 17. století přestavují rodové sídlo a zámek dostává barokní podobu, ve stejném období je postaven kostel Nejsvětější Trojice a založena zámecká zahrada, která je vyzdobena plastikami od Jana Brokoffa. Na konci 17. století dostává náměstí svůj Trojičný sloup. Další kostel, který je dílem stavitele Kryštofa Kosche, vzniká na území města v 2. polovině 18. století. V témže období vzniká na území Klášterce první textilní manufaktura, která zahajuje období průmyslové výstavby na území města. Na obr. 51 je již vidět patrný trend rozšiřování města směrem na východ a severovýchod, který byl v pozdějších letech potvrzen další rozsáhlou výstavbou.



Obr. 51 Rozšíření zástavby města v polovině 18. století

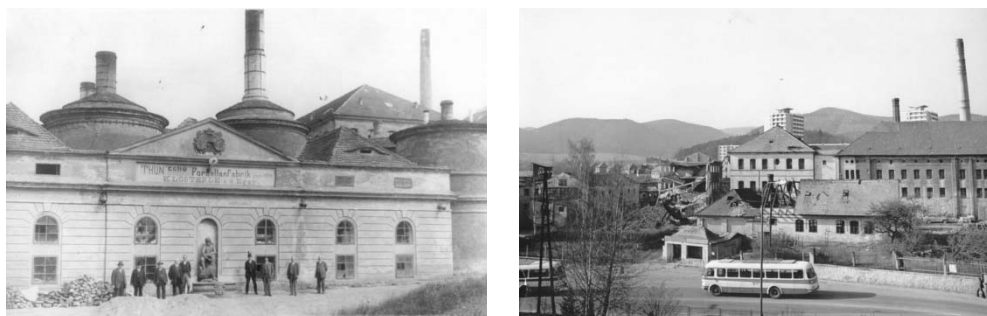
Pramen: autor, podkladová data 1. Vojenské mapování Geolab FŽP UJEP v Ústí nad Labem

Na konci 18. století dochází ke stavbě budovy Weberovy porcelánové manufaktury (2. nejstarší v Čechách) s válcovou pecí (Obr. 52). Stavba se rozkládala na východním okraji městečka a její umístění de facto na několik staletí určilo směr průmyslové územní expanze. Poloha porcelánky v pozdější době způsobila její zánik, když musela ustoupit nové bytové výstavbě v 70. letech 20. století (Obr. 53, Obr. 54).



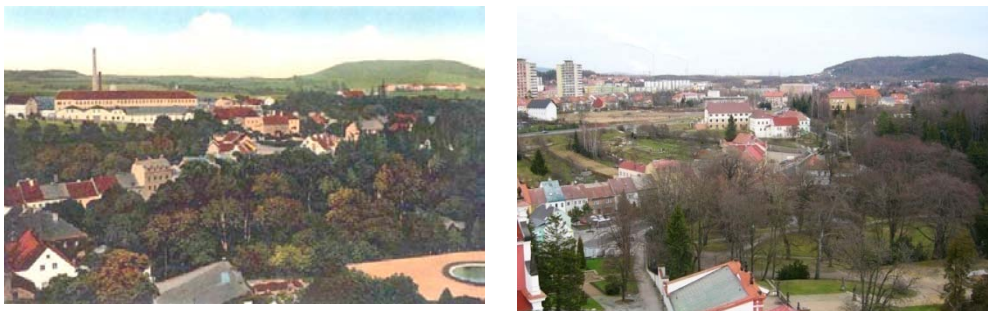
Obr. 52 Areál porcelánové manufaktury z konce 18. století

Pramen: Roman Novotný - <http://www.zanikleobce.cz>



Obr. 53 Část porcelánky z 19. století (vlevo). Pohled na již zčásti zdemolovanou porcelánku v 70. letech 20. století (vpravo)

Pramen: Roman Novotný - <http://www.zanikleobce.cz>



Obr. 54 Severovýchodní pohled z radniční věže na stavbu porcelánky (zač. 20. století, vlevo) a na dnešní podobu bytové výstavby (vpravo)

Pramen: Autor

V 19. století z významných staveb vzniká empírová střelnice na pravém břehu Ohře, nedaleko minerálního pramene. V následujících letech výstavba pokračuje stavbou budovy radnice a přestavbou zámku, který tak získal dnešní podobu. Územní rozvoj města v tomto období je směřován dále východním směrem (Obr. 55) a typově jde především o průmyslové objekty, mimo již zmíněné např. o továrny na korkové zboží, truhlářské nástroje, a nájemní domy.



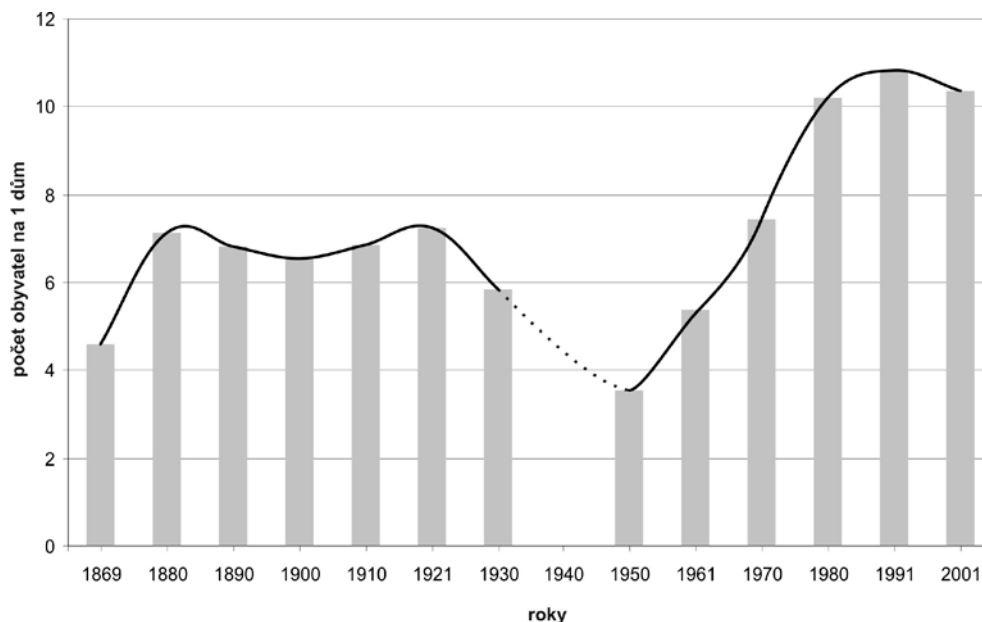
Obr. 55 Rozšíření zástavby města v polovině 19. století

Pramen: autor, 2. vojenské mapování Geolab FŽP UJEP v Ústí nad Labem

20. století, a především začátek jeho poslední třetiny, znamená pro Klášterec nad Ohří ztrátu některých hodnotných objektů (především demolice porcelánky), jejichž odstraněním bylo získáno místo pro rozvoj bytové zástavby související s nárůstem počtu obyvatel, který byl logickým odrazem několika podstatných obecných i regionálně specifických událostí a procesů. K těm obecnějším lze počítat makroekonomické představy soudobé politické elity, které vyústily v dynamický rozvoj průmyslu v celé podkrušnohorské konurbaci. Do značné míry obecným procesem byla taktéž dlouhodobá snaha o doosidlování českého pohraničí po poválečném odsunu Němců, do níž vstoupily události spíše specifické, jakou byl vznik Vojenského újezdu

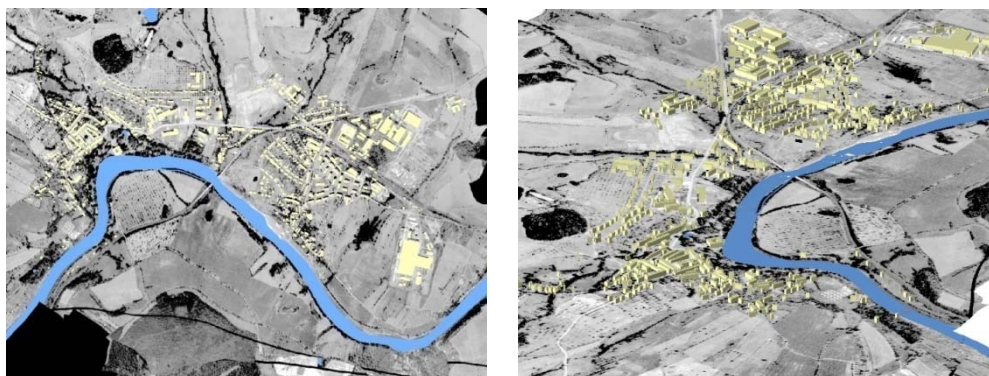


Hradiště v roce 1953 a vysídlení většiny obyvatel do okolních sídel. Proměnu charakteru bytové zástavby lze odvodit i z jednoduchého poměru počtu obyvatel na jeden dům. Vývoj tohoto ukazatele znázorňuje graf na obr. 56, v němž jsou dále uvedeny koincidence změn zmíněného poměru s významnými politicko-sociálními procesy a z nějž lze vysledovat i výrazně odlišné fáze rozvoje města.



Obr. 56 Vývoj počtu obyvatel na jeden dům (nerozlišeného určení)

Pramen: autor, data ČSÚ 2007



Obr. 57 Rozšíření zástavby města v polovině 20. století

Pramen: autor

Město se rozrůstá především východním a severovýchodním směrem, protože původní oblast historického města je pro novou výstavbu z geomorfologického hlediska nevhodná. Tímto je historické jádro ušetřeno přímé demolice, na druhou stranu je de facto ponecháno svému osudu a chátrá. Přírodní podmínky podmiňující rozvoj dopravní infrastruktury pak

částečně napomohly udržení funkční diferenciaci města s historickou zónou, rezidenčním pásmem na východním a severovýchodním okraji této zóny a průmyslovou zónou dále na východ (Obr. 57, Obr. 58). Detailnější funkční diferenciaci města je pak ovlivněna skutečností, že při jeho rozvoji byly „pohlcovány“ existující obce v jeho zázemí. Tuto skutečnost lze shrnout do principu, že územní rozvoj města je – spíše než kontinuálním růstem obalových zón - dán paralelním, avšak různě intenzivním růstem sousedních sídel a jejich vzájemným propojením.



*Obr. 58 3D temporální geovizualizace etap územního vývoje města od poloviny 18. století do současnosti*

*Pramen: autor*

V současné struktuře města vystupují výrazně také fragmenty ploch zeleně, jejichž význam závisí na jejich konkrétním typu, na nějž lze nahlížet jednak z hlediska primární funkce plochy (lesní plocha, park, hřbitov, zahrádkářská

kolonie) nebo posouzením dynamiky fragmentu. Z druhého hlediska můžeme rozlišit fragmenty konstruované (tj. nové – např. zahrádkářské kolonie), reliktní (pozůstatky po dřívějších plochách) a stabilní (plochy o dlouhodobě stejném, resp. rostoucím, rozsahu). Zatímco nově konstruované plochy vystupují převážně monofunkčně (nejde-li o plochy renovované), reliktní a stabilní plochy (resp. koridory) jsou charakteristické zajišťováním více funkcí, mezi nimiž je třeba zdůraznit funkce ekologické.

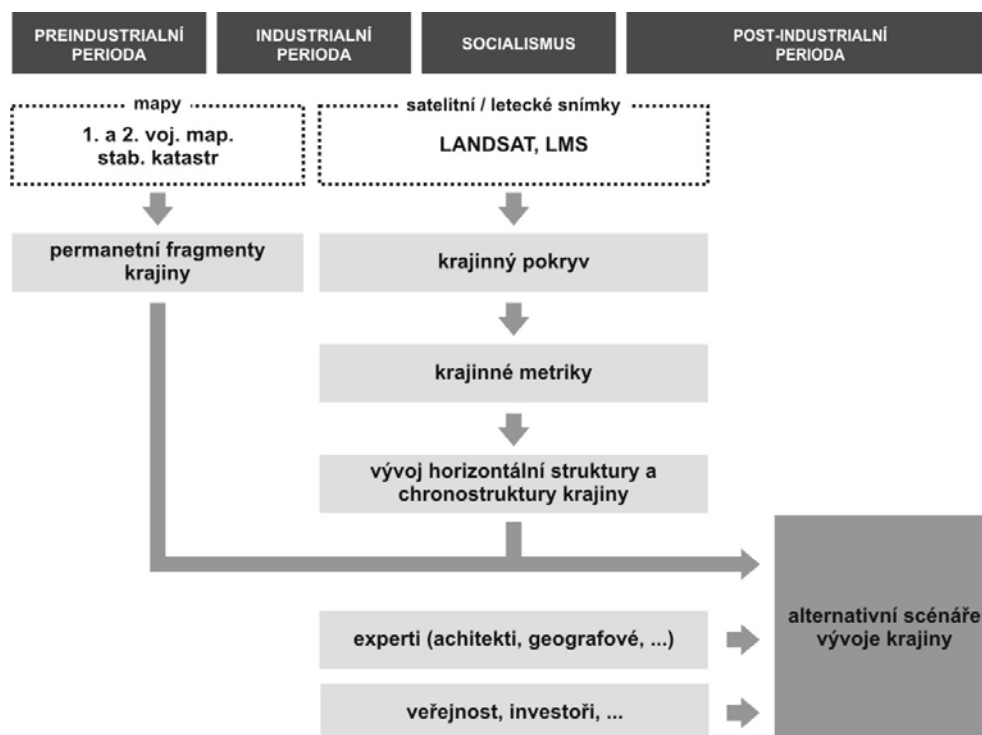
Nový impuls k rozvoji historické části města dodává až změna politického systému a od začátku 90. let dochází k postupné renovaci historického jádra města. Nejvýznamnější stavební aktivitou byla rekonstrukce historického náměstí v roce 2006 a budování lázeňské zóny renovací a rozšířením lázeňského domu Evženie spolu se zařazením mezi města s označením „lázeňská“. Město se chce v širším významu stát místem rekreačně-lázeňsky zaměřeného turismu.

V nejbližších letech se předpokládá dobudování a rozšíření lázeňské zóny spolu s vybudováním lyžařského areálu v Krušných horách, v delším časovém horizontu je plánováno vybudování severního obchvatu města. Kontinuálně bude pokračovat výstavba rezidentních nemovitostí jihozápadním směrem od areálu porcelánky. Z analýzy etap územního vývoje můžeme zobecnit směry a objem vývoje v různých obdobích vývoje města. Již zmíněný východní směr, který přetrvával až do současnosti, se zeslabil a na některých místech i ukončil, a to především díky převažující průmyslové zástavbě a nevhodně umístěnému areálu porcelánky na východním konci města. Areál je rozložen ve volné ploše mezi údolím Ohře a Jezerní horou a tím vlastně separuje případnou výstavbu od zbytku města. Průmyslová zástavba, která by mohla volně navazovat na již stávající areál, byla přesunuta do nově vybudované průmyslové zóny, jež se nachází již mimo samotné město v severovýchodním směru. Přesto má město stále územní rezervy pro případnou rezidenční výstavbu ve volných prolukách mezi již stávající výstavbou na pravém břehu řeky Ohře (2 mosty – silniční a pro pěší a cyklisty) a v již zmíněném severovýchodním směru. Posledně zmíněné prostory již pravděpodobně nebudou v nejbližších letech využity, jak dokládá i stagnující růst počtu obyvatel a především pak ukazatel vztahu počtu obyvatel na jeden dům, který se také zvyšuje jen minimálně.

### 3.5 Alternativní scénáře (1. řádovostní úroveň)

V našem případě jsou alternativní scénáře krajiny vytvořeny na vybrané úrovni modelového území. Scénáře jsou vytvořeny pro ukázkou možné podoby krajiny v tomto území v průběhu následujících 10–20 let. Každý ze scénářů vychází z principu monofunkčního využívání půdy (průmyslový, zemědělský, rekreace a turistika, bydlení, obslužný, ochrana krajiny). Každý scénář je založen na základě analýzy:

1. územního plánu;
2. výsledků expertních pohovorů a anketního šetření a
3. dlouhodobého vývoje krajiny v širší oblasti s využitím analýzy krajinných metrik.



Obr. 59 Schéma procesu vzniku tematického obsahu alternativních scénářů

Pramen: autor

V říjnu 2004 byl zhotoven územní plán města Klášterec nad Ohří v měřítku 1: 10 000 s názvem „Územní plán sídelního útvaru Klášterec nad Ohří včetně změny č. 1 a 3“<sup>24</sup>.

Tento územní plán včetně změn byl využit pro účely této práce<sup>25</sup>. V územním plánu je legenda vyznačující stávající funkční využití ploch, návrh dle platné

<sup>24</sup> Návrh územního plánu zhotovil Ing. Arch. Ladislav Komrska z Architektonického ateliéru Praha 4, Mladenovova 3234.

územně plánovací dokumentace a návrh změny územního plánu č. 1 a 3 (změna č. 4 bude zapracována). Změny se týkají zejména rozšíření ploch bydlení městského typu, oblasti občanské vybavenosti, průmyslové zóny a vymezení zátopového území. Pro ukázkou jsou níže zpracovány vybrané položky územního plánu č. 3:

1. Domy městského typu. Jedná se o výstavbu rodinných domů do maximální výše druhého nadpodlaží s podkrovím a bytových domů do maximální rozlohy zastavěné plochy  $225 \text{ m}^2$  a výše třetího nadpodlaží s podkrovím.
2. Oblasti občanské vybavenosti. Výstavba maloobchodů, stravovacích zařízení, kulturních, zdravotních, sportovních a sociálních zařízení.

Tab. 12 *Bilance zastavitelných ploch*

Č. změny	Název změny	Rozloha
Z3/1	Nízkopodlažní bydlení Ciboušovská	9,0920 ha
Z3/2	Nízkopodlažní bydlení Útočiště	6,7648 ha
Z3/6	Nízkopodlažní bydlení Miřetice	1,8898 ha
Z3/7	Nízkopodlažní bydlení u Ohře	0,9703 ha

Pramen: Územní plán Klášterce nad Ohří, upraveno autorem.

Nové rozšíření územního plánu sídelního útvaru Klášterec nad Ohří nepočítá s rozšířením hranic města. Veškeré změny se týkají již stávající plochy sídelního útvaru. Významné změny územního plánu přinese plocha nízkopodlažního bydlení (Tab. 12), která je o rozloze 18,7169 ha druhou největší změnou v sídelním útvaru. Nízkopodlažní bydlení Ciboušovská zaujímá plochu o 9,0920 ha, podle hodnoty plochy bytových domů ( $225 \text{ m}^2$ ) je možné odhadnout, že na této ploše by mohlo stát cca 100–150 domů (se započítáním prostoru mezi domy, zahrady, silnice apod.), které by dle stejného odhadu zajistily ubytování pro 1500–2000 osob. V případě že uvažujeme třípatrové bytové domy, kdy na jednom patře žijí dvě rodiny. Dnes se již ukazuje, že zástavba je složená výhradně z rodinných domů. Pokud bude tento trend pokračovat, je pravděpodobné, že počet domů bude vyšší, ale počet osob připadající na plochu nižší.

Na ploše Útočiště by obdobně mohlo stát asi 50–100 domů (již uvažované prostory mezi bytovými domy) pro 900–1800 osob. Nízkopodlažní bydlení

<sup>25</sup> V současnosti dle vyjádření pracovníků a vedoucí odboru a regionálního rozvoje dochází k aktualizaci územního plánu, která bude při další postupu v práci zohledněna.



Miřetice: 15–30 domů pro 270–540 osob; nízkopodlažní bydlení u Ohře: 10–15 domů pro 180–270 osob<sup>26</sup>.

Nízkopodlažní bydlení Ciboušovská je situováno v centru města, mezi jednotlivými bloky vede silnice III. třídy, místo je dobře přístupné a navazuje již na starší výstavbu rodinných a bytových domů. V místě je zajištěný příjem elektrické energie, v blízkosti zástavby se nachází rozsáhlé území občanské vybavenosti a rozsáhlé zelené plochy. Oblast je již od roku 2007 zastavována rodinnými domy a postupně se zaplňuje.

Bydlení Útočiště je situováno spíše na městské periferii, rozšíří se tím stávající území nízkopodlažního bydlení v části obce, bohužel umístěné na orné půdě. Výstavba je dopravně i elektricky dostatečně zajištěna, význam má i rozsáhlá lesní plocha u této části obce, která může sloužit pro relaxační účely a odpočinek nájemníků, dále pak rozsáhlé zahrádkářské kolonie, které poslouží stejnému účelu. Oblast je v současnosti „méně atraktivní“ především z důvodu možnosti výstavby v oblasti Ciboušova.

Nízkopodlažní bydlení Miřetice a bydlení u Ohře zaujímají nejmenší plochu sídelního útvaru (2,7968 ha). Bydlení u Ohře má být vystaveno na místech bývalých zahrádkářských kolonií v blízkosti řeky Ohře. Z hlediska bydlení a jeho okolí je samozřejmé, že blízkost řeky zvyšuje atraktivitu, ale stoupá zde riziko možnosti zatopení (území se již vyskytuje v zátopové zóně). Bydlení Miřetice je z hlediska bezpečnosti situováno lépe – dále od řeky, v blízkosti objektů občanské vybavenosti. Oblast opět, stejně jako v oblasti Ciboušova, navazuje na starší výstavbu rodinných domů.

Výše uvedené schválené změny, i když se přímo netýkají zkoumané plochy, tvorbu alternativních scénářů významně ovlivňují (např. ve vztahu k využití plochy).

Permanentní prvky krajiny (přírodní i kulturní) byly získány srovnáním struktury krajiny na stabilním katastru a strukturou krajiny v současnosti. Sledovány byly bodové, liniové a plošné permanentní prvky krajiny přírodního i antropogenního původu. Tyto prvky jsou v krajině velmi důležité, protože plní funkci „záchytných bodů“ v paměti člověka a formují regionální identitu obyvatel.

V modelové ploše byly identifikovány následující permanentní prvky.

## 1. Přírodní prvky

- bodové (jedná se především o samostatné stromy, které v tomto konkrétním případě nejsou starší 50 let, ale dle analýzy historických

---

<sup>26</sup> Výpočty jsou odhady založené na plánovaném počtu bytových domů a průměrné obsazenosti bytové jednotky v oblasti Klášterce nad Ohří vycházející ze sčítání z roku 2001.

zdrojů je možné odvodit, že v daném prostoru se volně stojící stromy, popř. stromy v menších skupinách, objevovaly stále);

- liniové (většinou jsou to hranice mezi jednotlivými kategoriemi využití krajiny, na některých místech staré až na hranici dostupných datových zdrojů, tzn. cca 250 let);
- plošné (v modelové ploše došlo z hlediska zastoupení ploch k výrazné změně v polovině 20. století, kdy byla většina plochy nejdříve převedena z orné půdy na louky a pastviny a pak osazena ovocným sadem (především jabloně), zajímavými permanentními plošnými prvky jsou menší shluky stromů).

## 2. Antropogenní prvky

- plochy na severozápadním a západním okraji plochy, typově zastupující rodinné nízkopodlažní domy, zadní část hřbitova a v jihozápadní části stáje s koňmi;
- liniové prvky jsou zastoupeny především silnicemi a polními cestami (části současné silnice I 13 na severním okraji plochy a části silnice na jihozápadním okraji jsou opět staré až na hranici dostupných datových zdrojů, tzn. cca 250 let);
- bodové antropogenní prvky se přímo v modelové ploše nenacházejí.

Na základě výše uvedené analýzy jsou předpokládány 3 možné alternativní scénáře vývoje krajiny pro danou plochu.

Tab. 13 Typy scénářů modelové plochy 1. řádovostní úrovně a jejich charakteristika

scénáře	Popis změny
1. lázeňsko–rekreační	rozšíření lázeňského areálu o vybudování golfového hřiště  klady: „zvýšení“ mozaikovosti krajiny; zpřístupnění plochy pro širší spektrum obyvatel  zápory: přerušení místních „stezek“; plocha bude využívána jen specifickou skupinou obyvatel; ztráta permanentní funkce krajiny
2. bytová výstavba	bytová výstavba rodinných a bytových domů včetně infrastruktury a zázemí (menší obchody, hřiště, ...)  klady: „zvýšení“ mozaikovosti krajiny; zpřístupnění plochy pro širší spektrum obyvatel

zápory: ztráta permanentní funkce krajiny – po celé sledované období sloužila převážně pro pěstování zemědělských plodin; změna scenérie

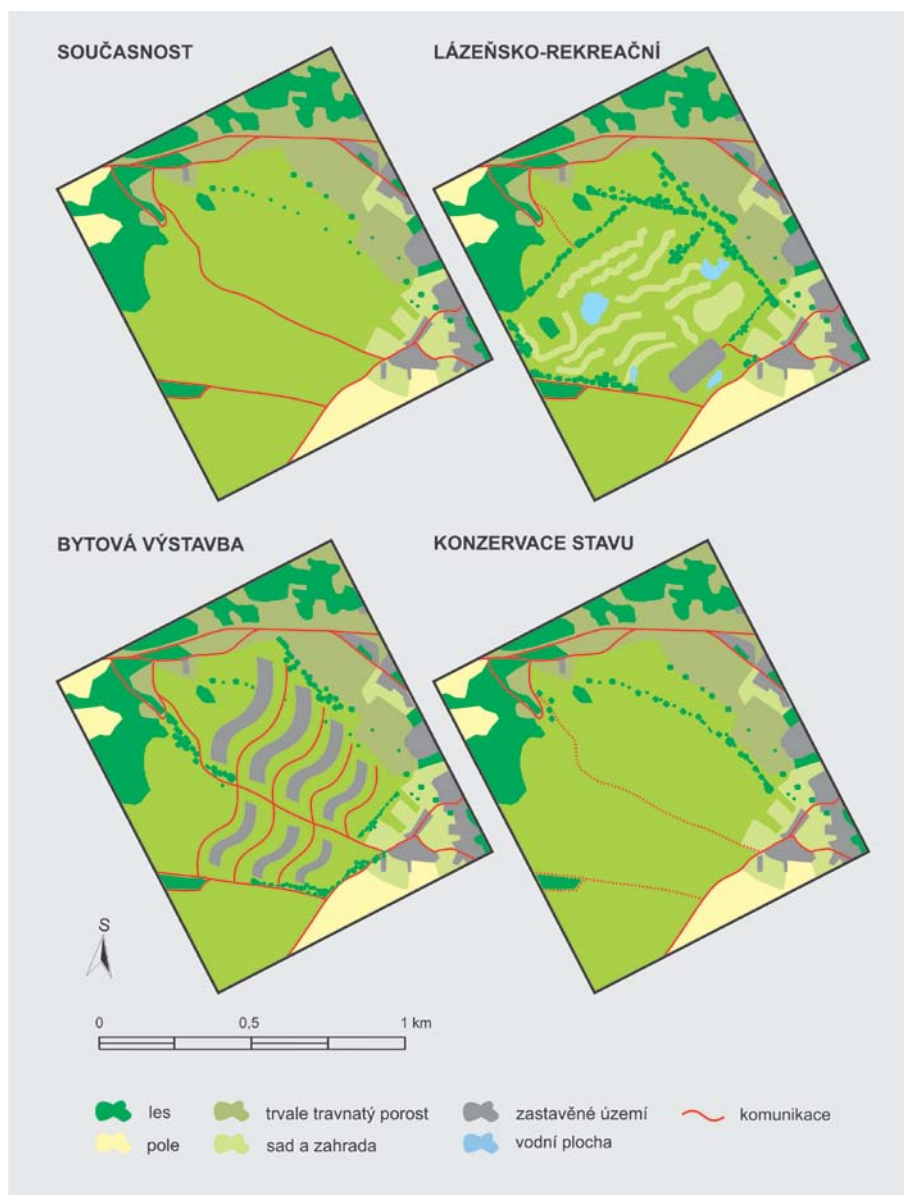
3. konzervace současného stavu krajiny

ponechání současného stavu (les, sad, trvale travnaté porosty, nádrž) s možností drobných změn a úprav výrazně neměnicích poměr a strukturu jednotlivých ploch

klady: udržení „paměti“ krajiny ve vztahu k obyvatelům; přirozený vývoj krajiny, typová „unikátnost“ plochy v modelovém území

zápory: faktická převažující monofunkčnost krajiny

*Pramen: autor*



Obr. 60 2D vizualizace scénářů v modelové ploše 1. řádovostní úrovně

Pramen: autor

### 3.6 Tvorba a vizualizace modelu krajiny v prostředí virtuální reality

Vizualizace scénářů je jednou z nejvýznamnějších etap při jejich využití v praxi. Pokud bychom předpokládali, že i dokumentace ke změně územního plánu je jistou „primitivní“ formou scénáře, pak scénář může být představen formou textu, tabulek, grafů, náčrtů a map. Již zmiňovaní Barbel a Gunther Tress (2003) doporučují fotorealistické vizualizace založené na kombinaci leteckých, popř. pozemních snímků a map. Běžné texty, tabulky a grafy možná přesněji popisují konkrétní scénář, ale jsou méně přístupné běžnému uživateli. Naopak skici architektů postrádají potřebnou realističnost a mnohdy jsou tendenční a zavádějící. Obecně je tedy možné vyslovit tvrzení, že čím více je reálnější podoba scénáře, tím více se snižuje možnost dezinterpretace uživatelů při práci se scénářem.

Tvorba a vizualizace scénářů v prostředí virtuální reality byla v našem případě rozdílná především z důvodu 3. řádovostní úrovně modelovaných ploch. První úroveň je vymezena plochou s rozlohou přibližně 1 km<sup>2</sup>, druhou řádovostní úroveň tvoří plocha přibližně 10 km<sup>2</sup>, která zahrnuje modelové sídlo, a 3. úroveň tvoří plocha modelového území.

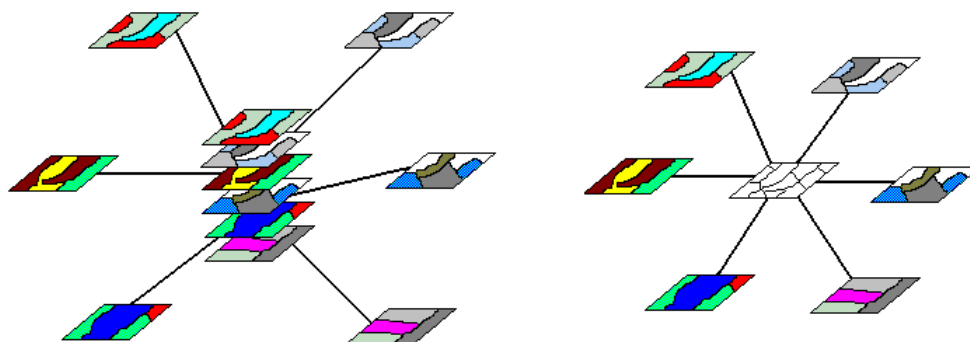
Tyto řádovostní úrovně byly vybrány s ohledem na problémy, které s sebou nesou rozdílné měřítkové úrovně:

- problém výběru vhodných datových zdrojů (pro každou měřítkovou úroveň je nutné vybrat data, u nejpodrobnějších modelů je nezbytné vytvářet modely manuálně, dalším problémem je přesnost dat pro danou řádovostní úroveň);
- GIS x CAD (GIS technologie umí zpracovávat data pro menší měřítka a komplexní krajiny, CAD naopak má velmi dobré nástroje pro modelování jednotlivých modelů budov atd.);
- náročnost realistické vizualizace a s tím spojené finanční náklady při realizaci v praxi (tvorba podrobných modelů je velmi časově a s tím i finančně náročná, v současnosti jsou již i metody pro modelování sídel ze zdrojů z DPZ, ale pro účely této práce nebyly dostupné).

#### Model pro 3. řádovostní úroveň (modelové území)

Tato úroveň je z hlediska použití GIS dat nejvhodnější, jejím základem jsou jednotlivé vrstvy dostupných topografických a tematických databází. Tyto vrstvy jsou integrovány do digitálního modelu krajiny modelového území. Digitální model krajiny je definován jako minimálně trojrozměrné počítačem generované schéma výřezu krajiny prezentující její základní strukturní vlastnosti v generalizované, avšak integrované podobě. Sestává z digitálního

modelu reliéfu, atributů krajiny integrovaných do vrstvy jediné v podobě mapy přírodní krajiny a multiparametrické integrované vrstvy antropogenních vlivů na krajinu (Kolejka, 2002).



Obr. 61 Schéma databáze tvořená datovými vrstvami (vlevo) a logicky integrovaná databáze (vpravo)

Pramen: Kolejka, J. a kol., 2003

V konkrétním případě digitální model krajiny obsahuje 3 integrované vrstvy (přírodní prostředí, sociální prostředí, historický vývoj území) umístěné na digitálním modelu reliéfu. Vektorový digitální model reliéfu je reprezentován vektorovou topologickou strukturou TIN (triangulated irregular network), která byla vytvořena z vrstevnic Digitálního modelu území v měřítku 1: 25 000, zkombinované s DMR 2 (Digitální model reliéfu). Výsledná průměrná chyba vzniklá při tvorbě TIN (Oršulák, Tetauer, 2002) je oproti použití např. vrstevnic ze ZABAGED (Základní báze geografických dat) pro účely práce zanedbatelná.

Vrstva přírodní prostředí obsahuje integrované vrstvy jednotlivých analytických tematických map složek přírodního prostředí krajiny (geologická stavba, klima, hydrologie, půdy, lesy). Tyto tematické mapy byly získány vizualizací z databází GEOFONDu, OPRL (Oblastních plánů rozvoje lesů), BPEJ (databáze bonitované půdních ekologických jednotek) atd.

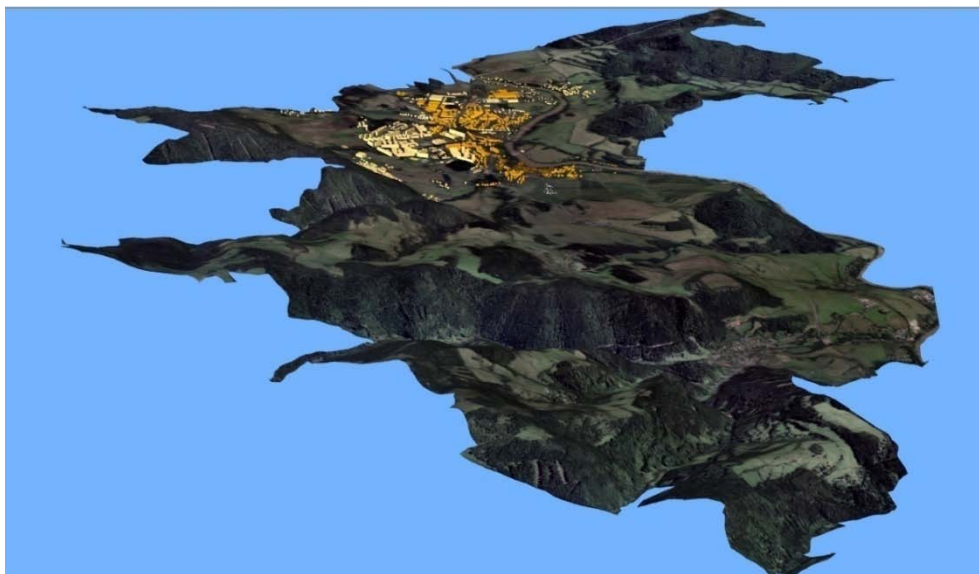
Další vrstva – sociální prostředí je tvořena především daty ČSÚ o obyvatelstvu a jeho struktuře, ekonomice atd.

Poslední vrstva integruje informace využití území zjištěné na základě multitemporální analýzy včetně popisu současného stavu a územního plánu.

Prostorovou složku modelu mimo již zmíněného digitálního modelu reliéfu tvoří vrstva zástavby, jejíž výšková složka byla získána terénním měřením laserovým dálkoměrem pro všechny budovy v databázi. U zástavby byla ještě přidána informace o období vzniku budovy na základě sledování vývoje města Klášterce z analýzy permanentních prvků z leteckých snímků.

Model je potažen ortofoto snímkem.

Výsledkem byl digitální model krajiny, který byl exportován do formátu VRML.



*Obr. 62 Model reliéfu s ortofoto snímkem a blokovým modelem zástavby u Klášterce nad Ohří*

*Pramen: autor, podkladová data DMÚ 25, VGHMÚř Dobruška 2004, barevný ortofotosnímek ČR, Geodis 2005, výšky budov – terénní měření*



*Obr. 63 Perspektivní pohled na blokový model Klášterecka (výřez s Kláštercem nad Ohří)*

*Pozn. odstín hnědé barvy určuje stáří zástavby, čím tmavší tím starší.*

*Pramen: autor, podkladová data DMÚ 25, VGHMÚř Dobruška 2004, barevný ortofotosnímek ČR, Geodis 2005, výšky budov – terénní měření*



## **Model pro 2. řádovostní úroveň (modelové sídlo)**

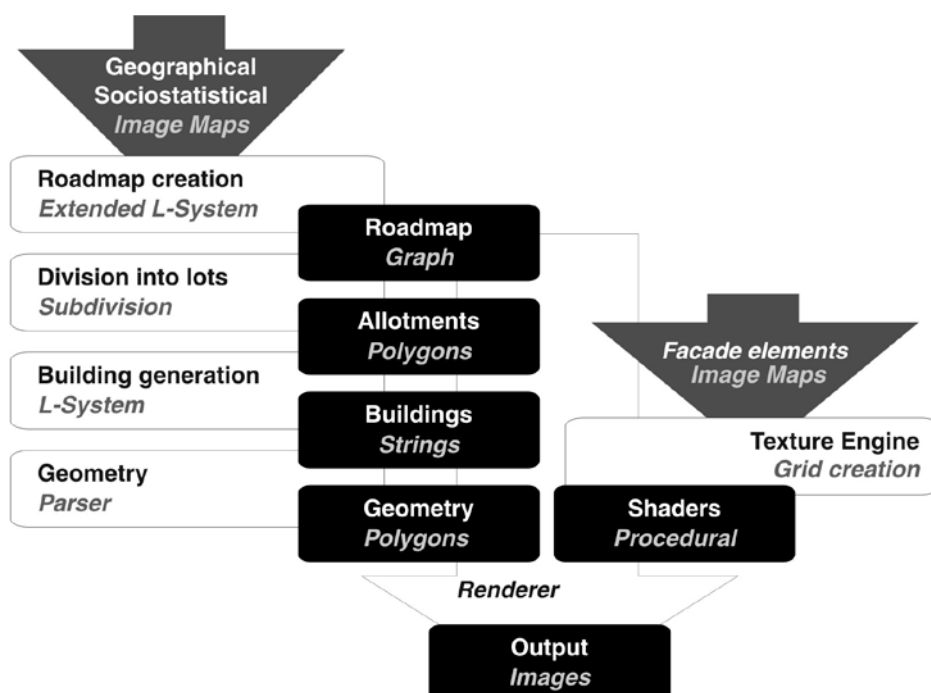
Na úrovni modelování města je již časté využívání CAD modelů, včetně tvorby buď ručním modelováním, nebo automatizováním procesu pomocí např. procedurálního modelování.

Problematikou modelování městských prostředí se již dříve zabývalo několik autorů: Parish, Muller (2001), Wonka a kol. (2003). Procedurální modelování staví svoji výhodu na základě geometrické podobnosti a dělí složité objekty na jednoduché geometrické objekty, které se pak opakují. Výsledkem je sice originální objekt, ale složený z předem vytvořených „prefabrikátů“. Uživatel nezadáva přímo tvar objektu, ale způsob, jakým bude objekt generován. Výhodou této metody je malý objem zadávaných dat a výsledný objekt lze modifikovat změnou počátečních podmínek. Pro praktické použití procedurálního modelování si je nutné uvědomit, že uživatel pracuje formou zadávání příkazů a stanovováním parametrů nutných pro tvorbu konkrétních modelů (Tišňovský, 2000).

Pro tvorbu výsledného modelu města byl vybrán systém CityEngine, který je schopen modelovat i rozsáhlé městské prostředí pomocí relativně malého souboru kvantitativních údajů a geografických dat, přitom si ale uživatel zachovává plnou kontrolu nad tvorbou modelu. Pomocí systému CityEngine se výsledný model tvoří na základě jednoduchých pravidel, které mohou být přizpůsobeny v závislosti na potřebách uživatelů (Parish, Muller, 2001). Dalším významným hlediskem pro výběr systému byla schopnost CityEngine vytvářet komplexní model města, tzn. neobsahující pouze zástavbu, ale i přírodní prvky jako stromy, keře; celý model je schopen nasadit na digitální model reliéfu.

Vybraný systém byl již dříve využit nejenom pro modelování současných (např. Marseille ve Francii) nebo „budoucích“ měst (např. tzv. superekologické město Masdar cca 17 km jihovýchodně od Abu Dhabí), ale také pro rekonstrukci podoby historických sídel. Nejznámějším mezinárodním projektem je pravděpodobně 3D model starověkého Říma vytvořený na univerzitě ve Virginii v USA. Znamé jsou i jiné modely měst jako Pompeje, Mayské město Xkipche v Mexiku, římské město Sagalassos v Turecku .





Obr. 64 Schéma využití nástrojů pro tvorbu modelu města, v bílých rámečcích jsou nástroje a datové struktury a v černých jsou výsledky.

Pramen: Parish, Muller (2001)

Obecně je tvorba modelu v CityEngine popsána na obr. 64. V případě Klášterce byla mimo klasické metody modelování v CityEngine použita metoda ručního modelování pro modely budov v centru města, a to z důvodu jejich geometrické „individuality“ vzniklé složitým stavebně-historickým vývojem. Jako podklad jsme použili přímo vektorovou databázi půdorysů budov, ve které již byla začleněna informace o výšce objektu. Klasickou metodu jsme používali na okrajové části města. Pro konstrukci silniční/uliční sítě byla využita vrstva získaná z ortofoto. Následně byla importována do systému CityEngine. Tímto krokem se vymezila teoreticky využitelná plocha pro umístění zástavby. Tato plocha byla rozdělena na polygony opět na základě informací odvozených z ortofota.

Pro následující krok bylo nutné získat doplňující informace o dílčích objektech (typ a barva fasády, okna, ... a kvantitativních charakteristik budov - výška, rozměry jednotlivých částí jako okna, portály, ...). Opět byl využit terénní fotografický průzkum. Prvky vegetace a dalších drobných architektonických doplňků byly získány z externí databáze 3D objektů.

Výsledkem byl reprezentativní vzorek trojrozměrného digitálního modelu města, který byl exportován do formátu VRML.



*Obr. 65 Výřez severozápadní části modelu města (bez fasád), která byla ručně modelována v programu SketchUp*

*Pramen: autor, předzpracováno studenty v rámci předmětu Geoinformatika*



*Obr. 66 Výřez severozápadní části modelu města (s fasádami), která byla ručně modelována v programu SketchUp*

*Pramen: autor, předzpracováno studenty v rámci předmětu Geoinformatika*

### **Model pro 1. řádovostní úroveň (modelová plocha)**

Nejpodrobnější úroveň modelu vyžaduje nejpresnější data. Zde bylo nutné přistoupit k určitým omezením. V ideálním případě by byla využita metoda

pozemního laserového skenování, která je schopna dát nejpřesnější výsledky. Z ekonomicko-provozních důvodů byla zvolena náhrada ve smyslu syntézy terénního měření, ortofotosnímku a externí databáze 3D objektů.

Na základě ortofotosnímku byl získán základní polohopis obsahující liniové prvky komunikace a polygony ploch (les, orná půda, louky a pastviny), z územního plánu byly získány informace o návrzích využití území a z historických zdrojů byly interpretovány permanentní prvky krajiny.

V posledním případě, kdy nebylo třeba využívat unikátní reálné objekty (např. pro modelování části vegetace), byla využita externí databáze 3D objektů.



Obr. 67 Externí modely stromů (vlevo smrk, vpravo dub)

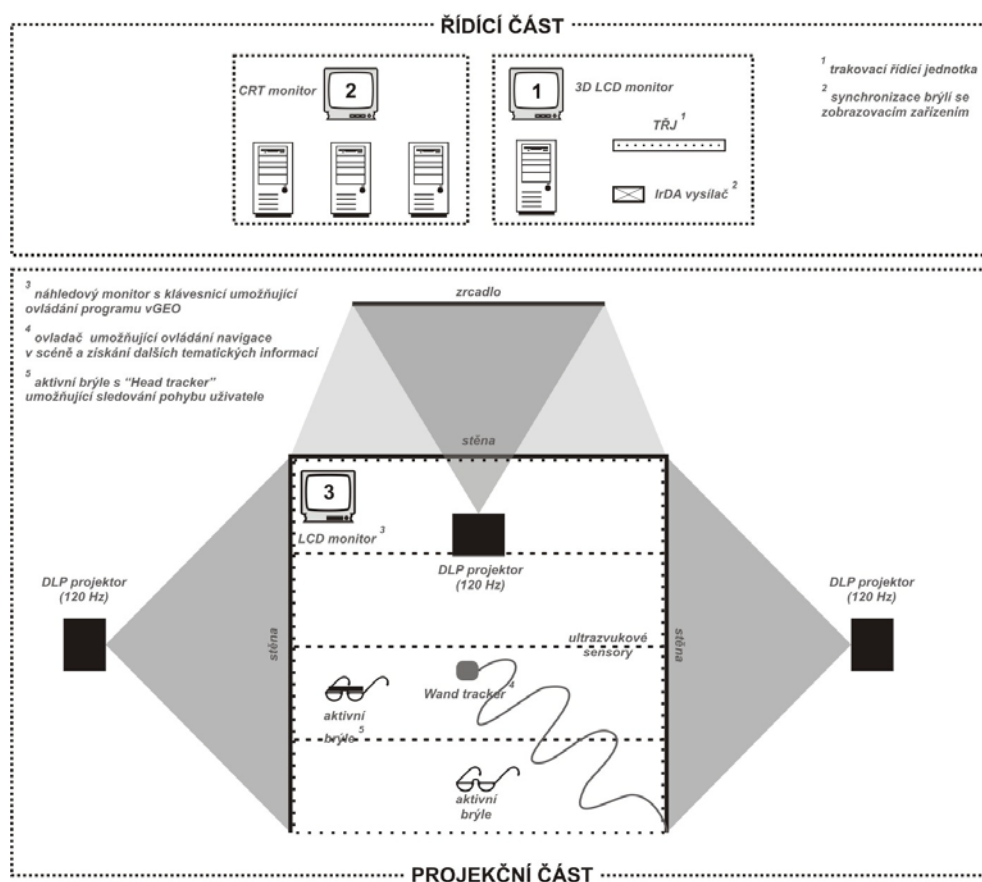
*Pramen: Dosch Design*

Vybraná část modelu určená k testování byla vytvořena ručním modelováním v prostředí programu SketchUp a následně exportována do formátu VRML, který byl importován do programu vGEO.

### **Architektura VR systému**

Základní technologií pro tvorbu prostředí virtuální reality jsou vícestěnové projekce. V našem případě byla vybudována ve spolupráci s firmou Gali-3D třístěnná projekce (bok-střed-bok) doplněná pro získání interaktivity s prostředím o snímací ultrazvukový systém. Řídicí systém je tvořený 4 pracovními stanicemi propojenými do clusteru. Tři z pracovních stanic zpracovávají 2D obrazová data do 3D obrazových a následně je vysílají do vizualizační části. Čtvrtá pracovní stanice je řídicí a zabezpečuje: 1. chod systému vGeo (tzn. zpracování VRML souborů do nativní struktury dat

aplikace), 2. synchronizaci vysílaného obrazového signálu z dílčích grafických stanic na základě příjmu a zpracování interakce z trakovacího zařízení, resp. z řídicí jednotky trakovacího zařízení. Projekční část systému tvoří trojice projektorů 3D projektor InFocus DepthQ HD WXGA, které zobrazují 3D obraz na 3 stěny spojené do CAVE o velikosti 230 x 200 cm a celkový objem CAVE je cca 11 m<sup>3</sup> s čtvercovým půdorysem o ploše cca 5,3 m<sup>2</sup>. Optimální naplnění CAVE jsou 3 účastníci, maximální je 5–6 účastníků. Jeden z účastníků má v brýlích zařízení umožňující trakovacímu systému snímat jeho polohu a reagovat na prostorové změny polohy změnou obrazu. Trakovací zařízení obsahuje drátové ovládací zařízení dávající uživateli možnost získat doplňující tematické informace a navigovat se prostředím virtuální scény. Schéma celého systému je zobrazeno na obr. 68.



Obr. 68 Schéma systému CAVE

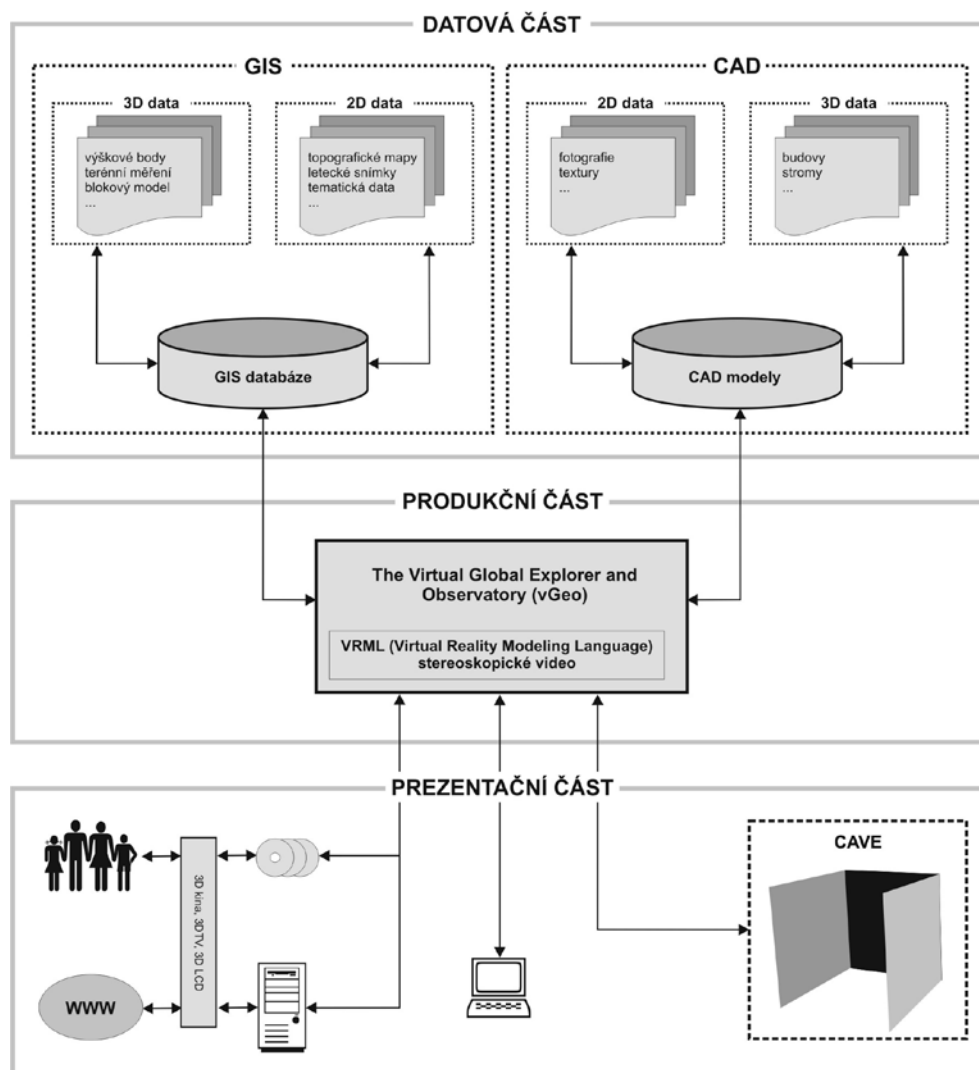
Pramen: autor

Na základě zkušeností z realizovaných předchozích prací na vizualizaci části kampusu, města Přisečnice a města Klášterce nad Ohří v Centru pro virtuální realitu a modelování krajiny byla navržena architektura systému pro vizualizaci krajiny prostřednictvím systému vGeo (Virtual Global Explorer and

Observatory) od firmy Mechdyne, který umožňuje integraci jak dvourozměrných, tak třírozměrných dat do jednoho modelu. Mimo data pro tvorbu modelu krajiny je schopen implementovat i ostatní tematické informace (fotografie, animace, texty atd.).

Navržená architektura systému se skládá z 3 částí:

1. datová;
2. produkční;
3. prezentační.



Obr. 69 Architektura VR systému

Pramen: autor

Na základě uvedeného postupu byly vytvořeny struktury pro 3 řádivostní modely: digitální model krajiny s blokovým 3D modelem Klášterce nad Ohří,

model sídla Klášterce nad Ohří a podrobný model scénáře vývoje krajiny. Modely byly testovány ve dvou technologických zařízeních (mobilní jednostěnná aktivní stereoprojekce a CAVE). Pro obě varianty byly modely primárně exportovány do formátu VRML (Virtual Reality Modeling Language) a následně upraveny pro konkrétní aplikace. Upravené modely byly testovány v Centru pro virtuální realitu a modelování krajiny v Ústí nad Labem.



*Obr. 70 Testování blokového modelu zástavby na digitálním modelu reliéfu se zobrazenými vrstevnicemi v CAVE (fotografie upravená z důvodu větší ilustrativnosti)*

*Pramen: autor*



### 3.7 Návrh využití prostředí virtuální reality pro vizualizaci krajiny a jejich scénářů v rámci územního plánování

Rozhodovací proces o změnách v krajině v regionální úrovni upravuje především stavební zákon (Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu) a vyhláška o územně plánovacích podkladech (ÚPP) a územně plánovací dokumentaci (ÚPD). Přičemž ÚPP a ÚPD vymezují obsah a postup územního plánování.

Cíle územního plánování je možné zobecnit (pro účely této práce) do dvou bodů:

- zjišťovat a posoudit stav území a navrhnout jeho účelné a racionální využití ve smyslu udržitelného rozvoje;
- zajistit ochranu veřejných zájmů v krajině, chránit krajinu a přírodní zdroje před zneužitím.

Hlavní činnosti konané v rámci územního plánování jsou:

- geografický průzkum území;
- zjištění a stanovení limitů využitelnosti území;
- stanovení koncepce rozvoje území;
- stanovení a posouzení navrhovaných změn v území včetně podmínek pro odstranění negativních a náhlých změn;
- etapizace (stanovení pořadí změn v území).

Významným úkolem je také vyhodnocení vlivů politiky územního rozvoje a zásad územního rozvoje nebo územního plánu na vyvážený vztah územních podmínek pro příznivé životní prostředí, pro hospodářský rozvoj a pro soudržnost společenství obyvatel území (dále jen "vyhodnocení vlivů na udržitelný rozvoj území"); jeho součástí je posouzení vlivů na životní prostředí<sup>27</sup> zpracované podle přílohy k tomuto zákonu a posouzení vlivu na evropsky významnou lokalitu nebo ptačí oblast, pokud orgán ochrany přírody svým stanoviskem takovýto vliv nevyloučil<sup>28</sup>.

Územně plánovací podklady tvoří územně analytické podklady, které zjišťují a vyhodnocují stav a vývoj území, a územní studie, které ověřují možnosti a podmínky změn v území; slouží jako podklad k pořizování politiky územního rozvoje, územně plánovací dokumentace, jejich změně a pro rozhodování v území.

---

<sup>27</sup> Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 93/2004 Sb.

<sup>28</sup> Zákon č. 114/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů.



Hlavními nástroji územního plánování jsou:

- Územně plánovací podklady tvoří územně analytické podklady, které zjišťují a vyhodnocují stav a vývoj území, a územní studie, které ověřují možnosti a podmínky změn v území; slouží jako podklad k pořizování politiky územního rozvoje, územně plánovací dokumentace, jejich změně a pro rozhodování v území.
- Územně plánovací dokumentace je pak složena ze zásad územního rozvoje, které především vyhodnocují vliv na udržitelný rozvoj území; územního plánu stanovujícího základní koncepci rozvoje území obce a uspořádání krajiny; regulačního plánu, který stanoví podrobné podmínky pro využití pozemků.
- Územní rozhodnutí rozhoduje o umístění stavby nebo zařízení, změně využití území, změně stavby a změně vlivu stavby na využití území, dělení nebo scelování pozemků a ochranném pásmu.

Obecně je platné, že rozdíl mezi územním plánováním a projektováním staveb v grafické části je v určité úrovni schematičnosti. Zatímco projektování staveb pracuje s třírozměrnými modely, tak územní plánování se vyjadřuje dvourozměrně za pomoci map. Přesto i v rámci územního plánování je nutná a potřebná představa trojrozměrného modelu konkrétního řešení (Sýkora, 2002).

Tab. 14 Rozdělení nejvhodnějších technologií z hlediska typů uživatelů

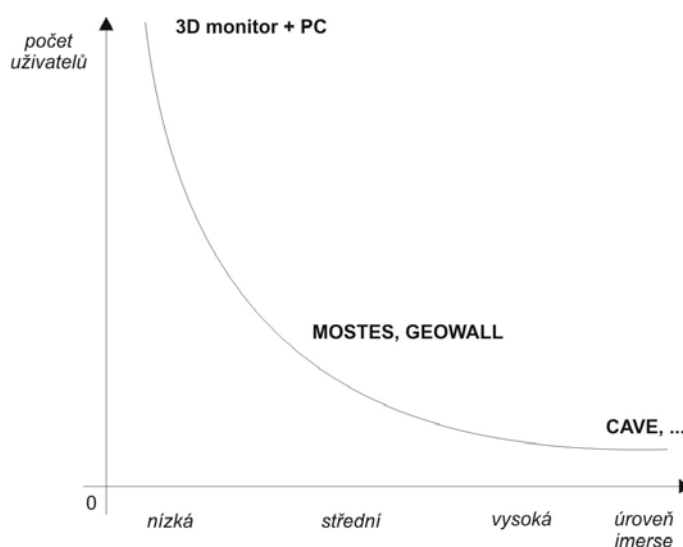
<b>Uživatelé</b>	<b>nejvhodnější technologie činnosti</b>
<b>zástupci města</b>	<b>C, W</b> <i>ÚPD, strategické plány rozvoje, správní rozhodnutí</i>
<b>odborníci</b>	<b>C, W</b> <i>ÚPD, strategické plány rozvoje,</i>
<b>investoři</b>	<b>M, C</b> <i>vizualizace investičních projektů</i>
<b>veřejnost</b>	<b>W, M</b> <i>vizualizace všech projektů</i>

Vysvětlivky: C ... CAVE, M ... MOSTES, W ... web

Pramen: autor

Na základě provedené analýzy je možné vymezit několik možných vstupů virtuální reality do procesu územního plánování (Tab. 14). Tyto vstupy jsou v obecné rovině limitovány faktory:

- technologické – heterogenita datových zdrojů v územním plánování, technologická náročnost systémů virtuální reality, velikost skupiny využívající prostředky virtuální reality;
- ekonomické – finanční náročnost pořízení a správy hardwaru, softwaru a dat, nepoužívají se klasická GIS data, ale integrované vrstvy, které je nutné z GIS dat vytvořit, aktualizace dat;
- právně-politické – již existující problémy se zaváděním GIS do územního plánování, problémy s „upgradem“ na vyšší úroveň, těžko měřitelná užítkovost implementace, rozpor mezi přínosem pro politické představitele a veřejnost, popř. odborníky;
- lidské – uvědomění různorodosti zájemců o územní plánování (úroveň technického vybavení, vzdělání, věk, účel zájmu o problematiku atd.)



Obr. 71 Závislost mezi počtem uživatelů a úrovní imerze z hlediska použití technologií (3D monitor, MOSTES<sup>29</sup>, GEOWALL<sup>30</sup>)

Pramen: autor

Primárně je možné říci, že vhodné využití prostředí virtuální reality v územním plánování zvýší úroveň „demokratizace“ v tomto procesu. Přičemž demokratizací tohoto procesu je myšleno umožnění zapojení veřejnosti na vyšší úrovni, než umožňuje text nebo běžná mapa. Tento závěr vyplývá z online dotazníkového šetření uskutečněného Centrem pro virtuální realitu a modelování krajiny na začátku roku 2010 mezi studenty geograficky a geoinformaticky zaměřených oborů a jejich potenciálními zaměstnavateli.

<sup>29</sup> MOSTES – mobilní stereoskopický systém, založený na využití aktivní jednostěnné stereoskopické projekce.

<sup>30</sup> GEOWALL – pasivní jednostěnná stereoskopická projekce.

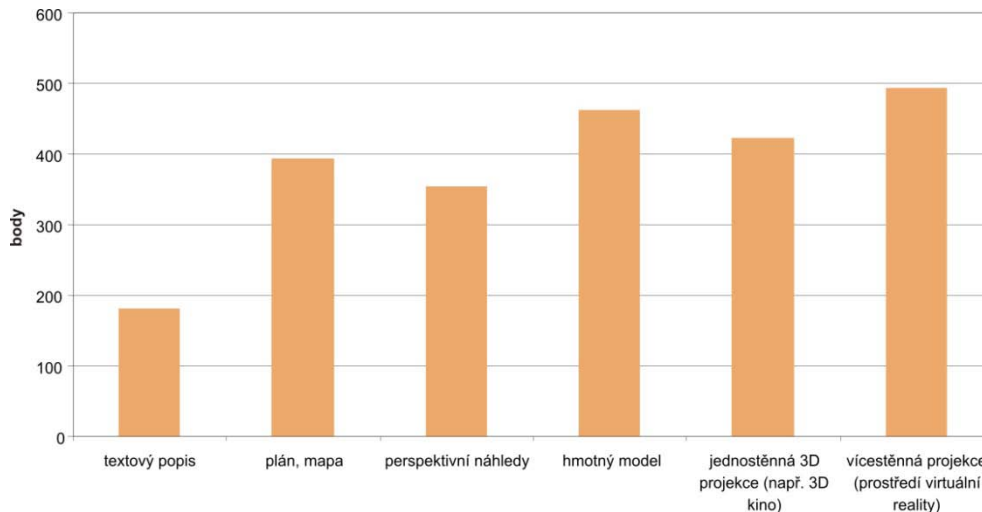
Dalším pro práci relevantním závěrem je skutečnost, že cca 88 % dotázaných se již setkala s 3D projekcí v práci nebo v kině.

*Tab. 15 Význam technologie používané pro zvýšení atraktivity a zapojení veřejnosti do procesu územního plánování*

*1 – nejméně významné, ..., 5 – nejvýznamnější*

technologie	počet bodů					celkový počet bodů
	1	2	3	4	5	
textový popis	55	26	15	5	2	182
plán, mapa	10	35	21	15	38	393
perspektivní náhledy	36	14	19	2	45	354
hmotný model	15	18	29	5	61	463
jednotěnná 3D projekce (např. 3D kino)	20	23	9	15	54	423
vícetěnná projekce (prostředí virtuální reality)	5	10	28	15	65	494

*Pramen: Dotazníkové šetření (CEVRAMOK 2010)*



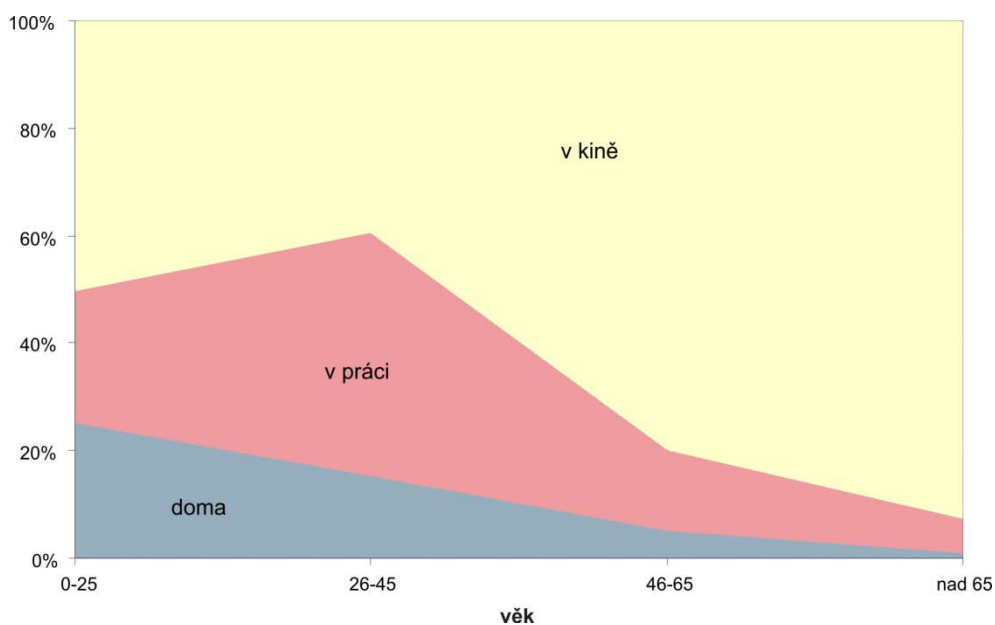
*Obr. 72 Graf znázorňující bodové hodnocení atraktivity technologií respondenty*

*Pramen: Dotazníkové šetření (CEVRAMOK 2010)*

Tab. 16 Zastoupení odpovědí na otázku "Kde se nejčastěji setkáváte s 3D projekcí?", strukturované dle věku respondentů

Kde se nejčastěji setkáváte s 3D projekcí?	v [%]		
	doma	v práci	v kině
<b>věk</b>			
<b>0-25</b>	25,23	24,56	50,21
<b>26-45</b>	15,14	45,26	39,60
<b>46-65</b>	5,15	14,88	79,97
<b>nad 65</b>	1,01	6,26	92,73

Pramen: Dotazníkové šetření (CEVRAMOK 2010)



Obr. 73 Graf zastoupení odpovědí na otázku "Kde se nejčastěji setkáváte s 3D projekcí" strukturované dle věku respondentů

Pramen: autor

#### 4 Diskuze a závěry

Hlavním cílem vytyčeným na začátku práce byla analýza a hodnocení možností virtuální reality pro vizualizaci vývoje, stavu a možných alternativních scénářů krajiny v případové studii. Pro splnění hlavního cíle byly definovány dílčí etapy, které byly zakončeny výsledky. Nejdříve budou zhodnoceny tyto dílčí výsledky a na závěr bude diskutován komplex těchto výsledků vedoucích ke splnění hlavního cíle.

Prvním dílčím cílem byl návrh vhodného systému pro výzkum horizontální struktury a chronostruktury krajiny. Dále bylo třeba na základě uvedeného systému provést stanovení změn krajiny v modelovém území za posledních 150 let a stanovení alternativních scénářů vývoje krajiny pomocí moderních geoinformatických metod. Na základě analýzy zdrojů a vlastních zkušeností při hodnocení krajiny na modelových územích v Ústeckém kraji byl sestaven návrh systému (Obr. 59) umožňující v maximální míře objektivizovat proces získávání kvantitativních a kvalitativních charakteristik vývoje krajiny. Tento systém odstraňuje subjektivitu získávání těchto charakteristik ve dvou úrovních: datové a uživatelské. V datové úrovni se jedná o maximální využití dat z dálkového průzkumu Země jako jediného objektivního zdroje informací o vývoji krajiny, přičemž pro získání geometrických charakteristik (tvaru a polohy plošek) jsou využity historické letecké měřičské snímky, popř. ortofoto snímky, pro současnost a satelitní snímky pro získání tematických informací o ploškách. V uživatelské úrovni jde o nahrazení ruční vektorizace a vizuální interpretace metodou objektové klasifikace. Systém má i slabé stránky, které se objevily při jeho aplikaci na modelovém území, především v dosažení požadované přesnosti. Menší plošky a zbytkové pixelové objekty bylo velmi těžké klasifikovat z důvodu nedostatečných spektrálních informací v černobílém leteckém snímku a nedostatečné prostorové podrobnosti u starších satelitních dat z družice Landsat 1. V neposlední řadě je slabou stránkou požadovaná vysoká úroveň znalostí o dálkovém průzkumu Země při tvorbě „rule-set“, tzn. pravidel na základě kterých se klasifikace provádí.

Systém má i své příležitosti a hrozby. Jako významnou příležitost je stále se zvyšující přesnost a tematická bohatost dat z dálkového průzkumu Země. Ve spojení s „kontinuálním“ terénním průzkumem je pravděpodobné, že přesnost klasifikace se bude přibližovat 100 %. Hrozbou může být naopak zpřístupňování prostředí výkonných a specializovaných programů širší výzkumné základně. Příkladem této hrozby může být nové prostředí Mapquick programu eCognition 8.0, které umožňuje při klasifikaci intuitivní vybírání pozitivních a negativních prvků na základě vizuální interpretace (např. tato ploška je les – pozitivní, tato ploška není les – negativní). Systém pak na základě barvy, popř. kombinace barvy a texturální informace,

provede klasifikaci automaticky. Uživatel sice může ručně upravit automaticky vytvořené pravidlo, ale jeho poznání je pro méně zkušené uživatele problematické.

Velmi zajímavé bylo porovnání výsledků vizuální interpretace a objektové klasifikace velikosti, množství a členitosti plošek. Celé porovnání sice není přímo součástí práce, ale mělo vliv na výběr metody klasifikace. Z porovnání vyplynulo, že ruční vektorizace zjednodušuje hranici plošek a částečně slučuje menší plošky na okrajích větších ploch. Tyto dva parametry jsou ale přitom velmi důležité pro výpočet charakteristik určujících vývoj krajiny.

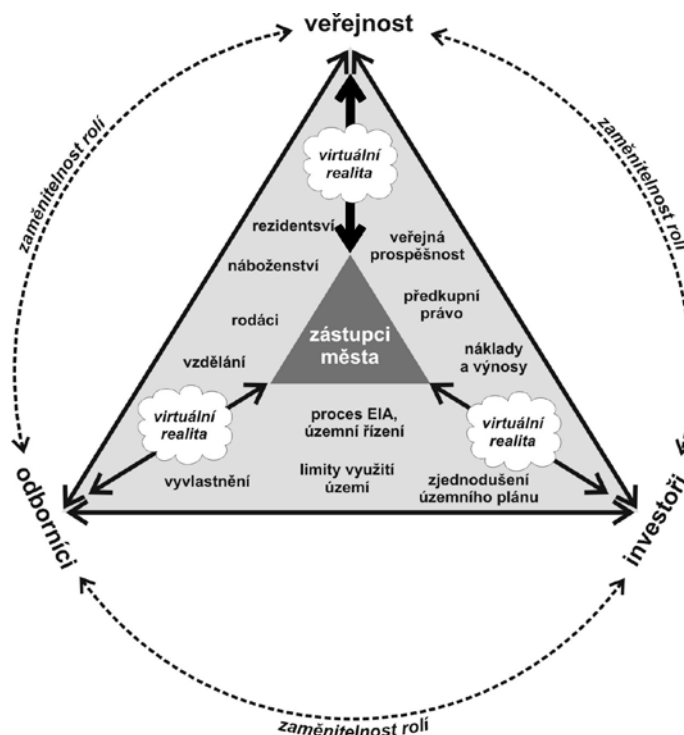
Jak již bylo zmíněno, hodnocení vývoje krajiny bylo provedeno na modelovém území (3. řádovostní úroveň), modelovém sídle (2. řádovostní úroveň) a modelové ploše (1. řádovostní úroveň), přičemž 1. řádovostní úroveň je prostorovou podmnožinou 2. řádovostní úrovně, která je zároveň podmnožinou 3. řádovostní úrovně, tzn. že platí  $1. \text{ŘÚ} \subset 2. \text{ŘÚ} \subset 3. \text{ŘÚ}$ . Hodnocení vývoje krajiny v řádovostní úrovni modelové území využilo tradiční hodnocení na základě analýzy struktury plošek a jejich geometrických a tematických informací. Pro modelové sídlo byl vývoj zaměřen na rozvoj zástavby. A v nejmenší modelové ploše byl vývoj krajiny doplněn o detailnější vymezení permanentních prvků.

V druhé etapě bylo přistoupeno k vytvoření modelů krajiny pro 3 úrovně a jejich vizualizace v prostředí virtuální reality. Výsledkem jsou tedy 3 různé druhy modelů krajiny integrované v rámci návrhu architektury VR systému (Obr. 69). Pro dosažení těchto výsledků bylo nutné navrhnout vhodný vícecestný projekční systém pro vizualizaci krajiny v prostředí virtuální reality (Obr. 68) a následně ho implementovat v rámci návrhu architektury VR systému. Po návrhu bylo nutné systém otestovat a opět nalézt silné a slabé stránky pro jeho hodnocení. Hlavní slabou stránkou celého systému je náročnost na výkon použitého hardwaru a kapacitní prostorová omezenost. Problém ohledně výkonu hardwaru je možné řešit zvýšením výkonu pracovních stanic, popř. snížením celkové složitosti modelu. Omezená kapacita CAVE je daná konstrukcí a velikostí místnosti, ve které se nachází. Na druhou stranu architektura VR systému je koncipována segmentově, tzn. pro rozdílné skupiny uživatelů je možné využít jiný systém na vizualizace než CAVE, např. MOSTES (Mobilní stereoskopický systém) nebo webový prohlížeč VRML dat. Silnou stránkou celého systému je jeho integrační a komplexní charakter, který umožňuje zpracovat a zobrazovat různé typy dat (měřítkové, tematické, ...).

Posledním výsledkem druhé etapy práce byl návrh možností implementace vizualizace krajiny (modely, scénáře) v prostředí virtuální reality v rámci územně schvalovacího procesu. Hodnocení tohoto výsledku je nejvíce

problematické. Ze zahraničí, i přes rozdílné kulturní, společenské a zákonné normy, je trend zavádět opatření umožňující větší diskuzi nad plánováním krajiny. V Česku je dle mého názoru zlomová situace, na straně jedné jsou vidět tendence jako v zahraničí, např. při využívání sociálních sítí pro nalezení návrhů na změny v krajině. Na straně druhé je zřejmá i nechuť odborníků i politiků nechat si zasahovat do „vlastních“ návrhů a rozhodnutí. Přesto je možné vyslovit názor, že virtuální realita zesiluje vazby v decizním trojúhelníku, posiluje uvědomění účastníků a „demokratizuje“ proces plánování změn v krajině (Obr. 74).

Obr. 74 Upravený decizní trojúhelník – posílení vazeb mezi účastníky, především ve vztahu k veřejnosti



Pramen: autor

Po diskuzi nad dílčími výsledky je možné se vrátit k diskuzi nad naplněním hlavního cíle, tj. analýzy a hodnocení možností virtuální reality pro vizualizaci vývoje, stavu a možných alternativních scénářů krajiny v případové studii.

Dle mého názoru bylo dosaženo výsledku – analýzy a hodnocení možností virtuální reality pro vizualizaci krajiny v případové studii. Virtuální realita je prostředím, které má významný potenciál. V jednom ze článků jsem si dovolil nadsázku, že virtuální realita je prostředím, které geografové, kartografové a mnozí další hledají od antiky. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že metody, které dnes tvoří klasické mapy, se vyvíjely přes 2 tisíce let a nejsou samoúčelné. Např. generalizace je nezastupitelnou metodou nejenom pro



tvorbu mapy, ale své uplatnění si hledá i v tvorbě virtuálních scén v rámci virtuální reality.

Na závěr je možné zmínit, že dílčí výsledky práce byly v letošním roce publikovány ve kapitolách knihy *Landscape Modelling: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios* vydané nakladatelstvím Springer Verlag.

Výše uvedené výsledky otvírají nové možnosti a směry výzkumu. Kdybychom měli tyto směry kategorizovat, pak je možné vyčlenit 4 základní směry:

1. vyvíjení nových technologických řešení pro dokonalejší vizualizaci v prostředí virtuální reality;
2. zapojení sociologů a psychologů do výzkumu vizualizace krajiny a experimentování s vlivem virtuálních reality na rozhodování, popř. na psychiku jedince;
3. výzkum zobrazování virtuálních prostředí na internetu;
4. implementace virtuální reality, popř. dalších typů vizualizace např. rozšířené reality do aplikovaného výzkumu krajiny.

## 5 Použité zdroje

### 5.1 Literatura

- [1] Al-Kodmany, K. (1999): *Using visualization techniques for enhancing public participation in planning and design: process, implementation, and evaluation*. Landscape and Urban Planning, Sv. 45, pp. 37-45.
- [2] Anděl, J. a kol. (1992): *Generel životního prostředí Klášterce nad Ohří*. Výzkumný ústav výstavby a architektury, Ústí nad Labem, 92 s.
- [3] Anděl, J., Jeřábek, M., Oršulák, T. (2004): *Vývoj Sídlní struktury a obyvatelstva pohraničních okresů Ústeckého kraje*. Acta Universitatis Purkynianae 88 - Studia Geographica IV, UJEP, Ústí nad Labem, 229 s.
- [4] Anděl, J., Balej, M. (2005): *Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny I*. MINO, Ústí nad Labem, 202 s., ISBN 80-238-9682-2.
- [5] Antrop, M. (1997). *The concept of traditional landscapes as a base for landscape evaluation and planning. The example of Flanders Region*. Landscape and Urban Planning, Elsevier. 38, pp. 105-117
- [6] Antrop, M. (2000): *Background concepts for integrated landscape analysis*. Agric. Ecosyst. Environ. 77, pp. 17–28.
- [7] Antrop, M. (2005): *Why landscapes of the past are important for the future*. Landscape and Urban Planning. Elsevier. 70 (1–2), pp. 21–34.
- [8] Balej, M. (2009): *Hodnocení vývoje horizontální struktury krajiny vybraných modelových území severozápadních Čech ve 2. polovině 20. století*. Disertační práce. Praha, s. 231.
- [9] Ball, J. (2002): *Towards a Methodology for Mapping 'Regions for Sustainability' using PPGIS*. Progress in Planning, vol. 58 (2), pp. 81-140.
- [10] Ball, J. a kol. (2008): *Virtual reality for mutual understanding in landscape planning*. International Journal of Social Sciences 27(2), pp. 78-88.
- [11] Becker, H.S. (1983): *Scenarios: A tool of growing importance to policy analysts in government and industry*. Technol. Forecasting and Social Change 23 2, pp. 95–120.
- [12] Berková, V. (2009): *Program eCognition pro klasifikaci urbanizovaného území z družicových snímků SPOT*. Ostrava: VŠB-TU, ISBN 978-80-87294-00-0.
- [13] Bertin, J. (1983): *Semiology of graphics, diagrams, networks and maps*. The University of Wisconsin Press, Madison, WI.
- [14] Binterová, Z. (2001): *Perštejn a okolí*. Okresní muzeum, Chomutov.

- [15] Bishop, I.D., et al. (2001): *Experiential approaches to perception response in virtual worlds*. Landscape and Urban Planning, 54, pp. 115-123.
- [16] Brodský, L., Soukup, T. (2007): *Objektově orientovaná fuzzy klasifikace krajinného pokryvu (land cover) se zaměřením na zemědělskou krajinu*. Ostrava: VŠB-TU, ISSN 1213-239X.
- [17] Brown, I.M. a kol. (2002): *Virtual landscapes*. In: Fisher, P. Unwin, D. (eds.) *Virtual Reality in Geography*, Taylor & Francis, London, pp. 95-101.
- [18] Brůna, V. (2005): *Zpracování vybraných katastrů Ústeckého kraje - I. a II. vojenského mapování*. Průvodní zpráva. UJEP, s. 4.
- [19] Brůna, V. a kol. (2003): *Povodí Horní Blanice v prostředí GIS - Využití historických mapových podkladů pro sledování změn krajinného pokryvu*. Studie pro OEK MŽP ČR. Ústí nad Labem, s. 43.
- [20] Burdea, G., Coiffet, P. (2003): *Virtual Reality Technology (second edition)*. 2. vyd. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.. 444 p. ISBN 0-471-36089-9.
- [21] Catwright, W., Peterson, M. P., Gartner, G. eds. (2007): *Multimedia Cartography*. New York, Springer, 561 p. ISBN 978-3-540-36650-8.
- [22] Colwell, R., N. (1997): *History and Place of Photographic Interpretation*. In: Philipson, W. (ed), „Manual of Photographic Interpretation“, Bethesda. pp. 3-48.
- [23] Council of Europe, (2000): *European landscape convention*. Council of Europe. [http://www.coe.int/t/e/Cultural\_Cooperation/Environment/Landscape/].
- [24] Definiens (2009): *eCognition Developer 8 - User Guide*. Munchen: Definiens AG, 1.2, s. 236.
- [25] Delaney, J. (1999): *Geographical Information Systems, An Introduction*, Oxford University Press, New York, 194 p., ISBN 0-195-50789-4.
- [26] Deshler, D., (1987): *Techniques for generating futures perspectives*. In: Brockett, Ralph G. (Ed.), Continuing Education in the Year 2000. New Directions for Continuing Education, No. 36. Jossey-Bass, San Fransisco, CA, pp. 79-82.
- [27] Dobrovolný, P. (1998): *Dálkový průzkum Země – Digitální zpracování obrazu*. MU Brno, 208 s., ISBN 80-210-1812-7.
- [28] Döllner, J., (2007): *Real-Time Virtual Landscapes*. In: Cartwright W, Peterson MP, Gartner G. (eds), *Multimedia Cartography*, 2nd ed, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [29] Dykes, J. A., MacEachren, A.M, Kraak, M.J. (2005): *Exploring Geovisualization*. Oxford: Elsevier, 710 p., ISBN 0-08-044531-4.

- [30] Elkie P., Rempel R., Carr A. (1999): *Patch Analyst User's Manual: A Tool for Quantifying Landscape Structure*. Ontario Ministry of Natural Resources NWST Technical Manual TM-001. Thunder Bay, Ontario, p. 16.
- [31] Ervin, S., M. (2001): *Digital landscape modeling and visualization: a research agenda*. Landscape and Urban Planning, 54, pp. 49-62.
- [32] European Commission (2001): *Environment 2010: our future, our choice, 6th EU Environment Action Programme 2001–2010*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [33] Farina, A. (2000): *Landscape Ecology in Action*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 317 p., ISBN 0-7923-6165-2.
- [34] Fisher, P., Unwin, D., eds. (2002): *Virtual Reality in Geography*. Taylor and Francis, London, 404 p., 0-7484-0905-X.
- [35] Forman, R. T. T. (2003): *Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge, Cambridge University Press, 632 p.
- [36] Foth, M, et al. (2009): *The Second Life of urban planning? Using neogeography tools for community engagement*. Journal of Location Based Services, Volume 3, Issue 2, pp. 97-117.
- [37] Fry, G., Tress, B. and Tress, G. (2004): *The potential and limitations of integrated grassland research*. In: Lüscher, A. et al. eds. Land use systems in grassland dominated regions: proceedings of the 20th general meeting of the European Grassland Federation, Luzern, Switzerland, 2004.Zürich, pp. 1157-1167. Grassland Science in Europe no. 9.
- [38] Gisat. [Online] Gisat s.r.o., 2009. [Citace: 12. 10 2009.] <http://www.gisat.cz>.
- [39] Godet, M., Roubelat, F. (1996): *Creating the future: the use and misuse of scenarios*. Long Range Planning 29 (2), pp. 164–171.
- [40] Haklay, M. (2002): *Virtual Reality and Geographical Information Systems: Analysis and trends*. In: Virtual Reality and Geography. Chapter in Fisher,P.,Unwin, D. (ed.) . London: Taylor and Francis, pp. 47-57.
- [41] Halounová, L. (2002): *Zkušenosti s programem eCognition pro klasifikaci urbanizovaného území z leteckých černobílých snímků a snímků (TM)*. Ostrava VŠB-TU. ISSN 1213-239X.
- [42] Hampl, M. (1998): *Realita, společnost a geografická organizace: hledání integrálního řádu*. Praha, DemoArt, s. 110.
- [43] Hartfiel, P. (1998): *Automation in Photogrammetry: Digital Aerotriangulation - Another Step Forward*. Geoinformation, Sv. 5, pp. 26-27.

- [44] Heim, M. (1993): *The Metaphysics of Virtual Reality*. Oxford University Press. 208 p., ISBN 978-0195092585.
- [45] Honjo, T., Lim, E. (2001): *Visualization of landscape by VRML system*. Landscape and Urban Planning, 55, pp. 175-183.
- [46] Horáková, B. (2002): *MIDAS jeho role při evidenci a analýze geodat veřejné správy*. GIS Ostrava 2002 [online]. c2002 VŠB-TUO., [cit. 2004 12-13]. Dostupné z <<http://gis.vsb.cz/Publikace/Sborniky>>.
- [47] Jensen, John R. (2000): *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 544 p.
- [48] Jensen, John R. (2005): *Introductory Digital Image Processing*, 3rd Ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 526 p.
- [49] Kirschenbauer, S. (2005). "Applying "True 3D" techniques to geovisualization: An empirical study." In: Exploring Geovisualization, J. Dykes, A. M. MacEachren, and M. J. Kraak, eds., Elsevier Ltd., chapter 18, pp. 363–387.
- [50] Kolejka, J. (2001): *Krajinné plánování a využití GIS*. Česká geografie v období rozvoje informačních technologií. Sborník příspěvků Výroční konference ČGS. UP Olomouc.
- [51] Kolejka, J.(2002): *Digitální model krajiny jako integrovaný databázový nástroj*. Sborník konference GIS Ostrava 2002. Ostrava.
- [52] Kolejka, J., a kol (2003): *Nový nástroj pro územní management – digitální model krajiny*. In: Fyzická geografie – vzdělávání, výzkum, aplikace. Fyzickogeografický sborník, Masarykova univerzita, Brno, č. 1, s. 91-99. ISBN 80-210-3284-7.
- [53] Kuchař, K., (1958): *Naše mapy odedávna do dneška*. Nakl. ČSAV, Praha.
- [54] Kupková, L (2001): *Analýza vývoje české kulturní krajiny v období 1845 – 2000*. Disertační práce. PřF UK Praha, s. 218.
- [55] Levy, J., M. (2006): *Contemporary urban planning*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 370 p.
- [56] Lipský, Z. (1999): *Sledování změn v kulturní krajině*. ČZU Praha, s. 71, ISBN 80-213-0643-2.
- [57] Lipský, Z. (2000): *Sledování změn v kulturní krajině*. Kostelec nad Černými lesy : ČZU Praha, s. 71, ISBN 80-213-0643-2.
- [58] Lipský, Z. (2002): *Sledování historického vývoje krajinné struktury s využitím starých map*. In: Němec, J., ed.: *Krajina 2002*. Od poznání k integraci. MŽP ČR, Praha, s. 44-48.
- [59] Lovett, A. a kol. (2002): *Visualizing sustainable agricultural landscapes*. In: Fisher, P. and Unwin, D. (eds.) *Virtual Reality in Geography*, Taylor & Francis, London, pp. 102-130.

- [60] Lovett, A. a kol. (2003): *Landscape modelling and visualisation for environmental planning in intensive agricultural areas*. In: Buhmann, E. Ervin, S. (eds.) *Trends in Landscape Modeling*, Wichmann, Heidelberg, pp. 114-122.
- [61] Luz, F. (2000): *Participatory landscape ecology—a basis for acceptance and implementation*. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier, 50, pp. 157–166.
- [62] MacEachren, A.M., a kol. (1999): *Exploring the potential of virtual environments for geographic visualisation*. (See <http://www.geovista.psu.edu/publications/aag99vr/fullpaper.htm>)
- [63] Máčel, O. (1954): *Základní problematika urbanistické struktury vesnice v Čechách a na Moravě*. Brno, s. 104.
- [64] Marcucci, D.J., (2000): *Landscape history as a planning tool*. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier, 49, pp. 67–81.
- [65] Meisel, J. E., Turner, M. G. (1998): *Scale detection in real and artificial landscapes using semivariance analysis*. In: *Landscape Ecology*, No. 13, pp. 347–362.
- [66] Oršulák, T., Raška, P. (2010): *Geovisualisation of an Urban Landscape Development: Application to Participatory Regional Planning: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios*. *Urban and Landscape Perspectives*, Vol. 7. Springer, ISBN 978-90-481-3051-1.
- [67] Oršulák, T., Raška, P., Suchevič, S. (2007): *Rekonstrukční vícerozměrná geovizualizace městských krajín: příkladová studie a perspektivy*. *Historická geografie* 34, HÚ AV ČR, Praha, s. 334-350, ISSN 0323-0988.
- [68] Oršulák, T. (2005): *Vytvoření databáze geografických dat pro analýzu vývoje krajiny modelových oblastí České republiky*. In: Novák, S. *Geographical Aspects of Central European Space*. PF MU, Geografie XVI, Brno, s. 59-60, ISBN 80-210-3759-8.
- [69] Oršulák, T. Tetauer, P.(2002): *Využití DVD pro tvorbu DMR*. . In: Balej, M., Oršulák, T. (eds). „Geoinformatika“, Sborník XX. jubilejního sjezdu ČGS, Ústí n. L., s. 15 - 21, ISBN 80-7044-410-X.
- [70] Paar, P. (2006): *Landscape visualizations: Applications and requirements of 3D visualization software for environmental planning*. *Computers, Environment and Urban Systems*, Elsevier, 30, pp. 815-839.
- [71] Parish, Y. I. H., Muller, P. (2001): *Procedural modeling of cities*. In: *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001*, ACM Press, E. Fiume, Ed., pp. 301–308.

- [72] Popelková, R. (2009): *Retrospektivní analýza vývoje krajiny s využitím geoinformačních technologií*. Disertační práce. VŠB-TU Ostrava, s. 168.
- [73] Prchalová J. (2001): *Využití leteckých snímků pro hodnocení vývoje krajiny*. Acta Universitatis Purkynianae. Studia Oecologica XII., Univerzita J. E. Purkyně, Ústí n. L., s. 113-116.
- [74] Qing Zhu, et. al. (2009): *Research and practice in three-dimensional city modeling*. Geo-Spatial Information Science 12, Wuhan University of Technology, pp. 18-24, ISSN 1993-5153.
- [75] Raper, J. F. (2000): *Multidimensional geographic information science*. London, Taylor and Francis, 300 p., ISBN 0748405070.
- [76] Richter, P. (2006): *Využití leteckých snímků k analýze a monitoringu na modelové oblasti Klášterecko*. Bakalářská práce. Ústí nad Labem : UJEP, s. 58.
- [77] Schaefer, F. K. (1953): *Exceptionalism in geography: a methodological examination*. Annals of the Association of American Geographers, 43, pp. 226-249.
- [78] Sedlák, P, Bár, R. (2005): *Inventarizace vybraných těžebních tvarů reliéfu prostředky DPZ*. In: Geo Informations, Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra, s. 168-174, ISSN 1336-7234.
- [79] Sipes, J., Mark S. Lindhult (2007): *Digital Land: Integrating Technology into the Land Planning Process*, New York: Wiley & Sons., ISBN 9780471722281.
- [80] Sklar, F. H., Constanza, R. (1991): *The Development of Dynamic Spatial Models for Landscape Ecology: E Review and Prognosis*. In: Turner, M. G., Gardner, R. H. (eds.): Quantitative Methods in Landscape Ecology. Springer-Verlag, New York, s. 239-288.
- [81] Sklenička, P., Lhota T. (2002): *Landscape heterogeneity - a quantitative criterion for landscape reconstruction*. Landscape and Urban Planning, 58, pp. 147–156.
- [82] Sklenička, P. (2003): *Základy krajinného plánování*. Praha, s. 321, ISBN 80-903206-1-9.
- [83] Soukup, T. (2008): *Závěrečná zpráva GISAT*. Praha : Gisat s.r.o.
- [84] Steins, C. (2007): *Does Planning Matter In A Virtual World?* Planning magazine, American Planning Association,. [Citace: 20. 7 2009.], Dostupné z: <<http://www.urbaninsight.com/virtual/2ndlife0307.html>>.
- [85] Svatoňová, H. (2006): *Digitální model krajiny: teorie a aplikace: (na příkladu povodí Harasky)*. Disertační práce. Geografický ústav Brno.
- [86] Sýkora, J. (2002): *Územní plánování vesnic a krajiny*. ČVUT Praha.



- [87] Sýkora, L. (2008): *Idiografická nebo nomotetická koncepce v geografii: kontraproduktivní spor o povahu a podstatu poznání*. In: Geografický časopis, 60, č. 3, s. 299–315.
- [88] Talhofer, V. (2002): *Možnosti zdokonalení užítosti digitálních geografických dat*. Brno : Vojenská akademie, s. 64.
- [89] Tišňovský P. *Fraktály* [online]. Poslední aktualizace 14. 11. 2000 [cit. 2010-04-15], Dostupné z: <<http://www.vood.mysteria.cz/fraktaly/clanky>>.
- [90] Tuček, J. (1998): *Geografické informačné systémy - Princípy a praxe*, Computer Press, 420 s., ISBN 80-7226-091.
- [91] Turner, M. G., Gardner, R. H. (eds.) (1991): *Quantitative methods in landscape ecology*. Springer-Verlag, New York, p. 536.
- [92] Tress, B., Tress, G. (2003): *Scenario visualization for participatory landscape planning – a study from Denmark*. Landscape and Urban Planning, 64, pp. 161–178.
- [93] USGS (1992): *Generic MSS Data*. [Online] United States Geological Survey, [Citace: 20. 9 2009.] Dostupné z: <<http://www.mojavedata.gov/master/metadata/mss.htm>>.
- [94] Vachata, Z. (1997): *Kláštorec nad Ohří - přehled dějin města okolí*. Kláštorec nad Ohří : MěÚ, s. 260.
- [95] Van den Berg, L.M., Veeneklaas, F.R., (1995): *Scenario building: art,craft or just a fashionable whim?* In: Schoute, J.F.T., Finke, P.A.,Veeneklaas, F.R. Wolfert, H.P. (Eds.), *Scenario Studies for the Rural Environment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 11–13.
- [96] VGHMÚř (2009): *IZGARD*. [Online] VGHMÚř Dobruška, 2009. [Citace: 2. 4 2009.] Dostupné z: <<http://izgard.cenia.cz>>.
- [97] Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad Dobruška (2004): *DMÚ 25 – Struktura datové báze*. Popis dat dodáván na mediu s daty.
- [98] Voženílek, V. (2005): *Cartography for GIS – geovisualization and map communication*. Vydavatelství UP, Olomouc, s. 140, ISBN: 80-244-1047-8.
- [99] VTOPÚ (1999): *Katalog topografických objektů*. Dobruška, str. 68.
- [100] Wollenberg, E., Edmunds, D., Buck, L., (1999): *Using scenarios to make decisions about the future: anticipatory learning from the adaptive co-management of community forests*. Landscape and Urban Planning. Elsevier, 47, pp. 65–77.

## 5.2 Mapy a datové zdroje

- [1] *1. vojenské mapování, měřítko 1: 28 800*. Rakouský státní archiv, vojenský archiv, Vídeň, © Laboratoř geoinformatiky, UJEP v Ústí nad Labem, © MŽP České republiky.
- [2] *2. vojenské mapování (1839 – 1840), měřítko 1: 28 800*. Rakouský státní archiv, vojenský archiv, Vídeň, © Laboratoř geoinformatiky, UJEP v Ústí nad Labem, © MŽP České republiky.
- [3] ArcČR 500 – digitální vektorová geografická databáze pro území České republiky zpracovaná v měřítku 1: 500 000, ARCDATA PRAHA, s.r.o., 2003.
- [4] *BPEJ (Bonitovaná půdně ekologická jednotka)*. © VÚMOP - Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy 2005.
- [5] Černobílé letecké snímky z let: 1964, 1982 a 1996. VGHMÚř Dobruška 2004, © GŠ AČR.
- [6] Databáze historických fotografií. Městský archiv Kadaň, 2006.
- [7] DMÚ 25. *Digitální model území 25*. měřítko 1: 25 000, VGHMÚř Dobruška 2004, © GŠ AČR.
- [8] *Císařské otisky map stabilního katastru (1842)*. Ústřední archiv zeměměřictví a katastru (ÚAZK), Praha.
- [9] *Geofond (geologická stavba, surovinové zdroje, poddolovanost, sesuvy a další)*. ČGS Praha 2005.
- [10] *SLDB 2001*. ČSÚ – Český statistický úřad Praha
- [11] Geodis (2005): *Barevná ortofotomapa ČR*. © GEODIS Brno spol. s r.o.
- [12] *Hydrometeorologická data*. © ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav Ústí nad Labem 2005.
- [13] Komrska, L. (2004): *Územní plán Klášterce nad Ohří*. Architektonický atelier Praha.
- [14] NASA Corona Program (2007): RBV scene oDZB1215-500280L008001\_8\_a\_R. USGS.
- [15] NASA Landsat Program (2007): Landsat MSS scenes L1p208r25\_19730528, L1\_p207r25\_19750429, L1\_p207r24\_19760511. USGS.
- [16] NASA Landsat Program (2007): Landsat TM scenes L5\_192025\_22081985, L5\_p192r25\_5t19910706, L5\_192025\_CZ\_18101994, L5\_192025\_CZ\_20092007. USGS.
- [17] NASA Landsat Program (2007): Landsat ETM scene L7\_p192r025\_7t20000620. USGS.
- [18] *Natura 2000*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR 2005.

- [19] *OPRL – oblastní plány rozvoje lesů*. © Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem 2005.
- [20] *ZABAGED: Soubor správních hranic ČR*. © ČÚZK Praha 2009.
- [21] *Základní vodohospodářská mapa*. VÚV – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Praha 2005.

## 6 Seznam prací vztahujících se k disertaci

### Články v recenzovaných seriálových publikacích

- [1] Oršulák, T. (2004): *Specifika atlasu města Ústí nad Labem na internetu*. In: Feranec, J., Pravda, J.: *Aktivita v kartografii*, s. 270, KS SR a GÚ SAV, Bratislava. ISBN 80-89060-06-4.
- [2] Oršulák, T., Raška, P., Suchevič, S. (2007): *Rekonstrukční vícerozměrná geovizualizace městských krajin: příkladová studie a perspektivy*. *Historická geografie* 34, HÚ AV ČR, Praha, s. 334-350. ISSN 0323-0988.
- [3] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2007): *Landscape Memory: Finding a Development Landscape Trajectories (Case Studies from Czech Republic)*. *Geografické informácie* 11, Edícia: *Prírodovedec* č. 259 Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra, p. 7-13. ISBN 978-80-8094-137-6.
- [4] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2007): *Environmental stressors and stress as a natural/human interdisciplinary issue: a case study from the northwestern part of the Czech Republic*. *Acta Universitatis Carolinae Geographica*, UK Praha, r. 42, č. 1-2, pp. 53-74.
- [5] Balej, M., Anděl, J., Oršulák, T., Raška, P. (2008): *Development of environmental stress in the northwestern part of Czechia: new approaches and methods*. *Geografie* 113 (3), s. 320-336. ISSN 1212-0014.
- [6] Raška, P., Oršulák, T. (2009): *Biogeomorphic effects of trees on rock-mantled slopes: searching for dynamic equilibrium*. In: *Geografický časopis*. Bratislava, Vol. 61, no. 1, pp. 19-28. ISSN 0016-7193.
- [7] Oršulák, T., Raška, P. (2009): *Geovisualisation of an Urban Landscape Development: Application to Participatory Regional Planning: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios*. *Urban and Landscape Perspectives*, Vol. 7. Springer. ISBN 978-90-481-3051-1.
- [8] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2010): *Environmental Stressors as an Integrative Approach to Landscape Assessment: Geographical Space, Transformation and Future Scenarios*. *Urban and Landscape Perspectives*, Vol. 7. Springer, 29-42 pp. ISBN 978-90-481-3051-1.

### Recenzované příspěvky ve sbornících z konferencí

- [9] Oršulák, T. Tetauer, P. (2002): *Využití DVD pro tvorbu DMR*. In: BALEJ, M., Oršulák, T. (eds). „Geoinformatika“, Sborník XX. jubilejního sjezdu ČGS, Ústí n. L., s. 15 - 21. ISBN 80-7044-410-X.

- [10] Anděl, J., Oršulák, T. (2002): Atlas města Ústí nad Labem na internetu. Sborník z 13. kongresu SGS, Nitra, s. 277 - 287. ISBN 80-8050-542-X.
- [11] Anděl, J., Brzóska, M., Oršulák, T. (2003): *Transformace funkčního využití území v zázemí města Ústí nad Labem*. In: NOVÁK, S. Geografické aspekty středoevropského prostoru. PF MU, Geografie XIV, Brno, s. 152-158. ISBN 80-210-3208-1.
- [12] Oršulák, T. (2003): *Vizualizace dat v softwarovém prostředí Atlas DMT na příkladu zázemí Brně nad Labem*. In: NOVÁK, S. Geografické aspekty středoevropského prostoru. PF MU, Geografie XIV, Brno, s. 317-320, ISBN 80-210-3208-1.
- [13] Oršulák, T. (2004): *Mapy a internet*. In: Wahla A. (ed.). Geografie a proměny poznání geografické reality, Ostravská univerzita, Ostrava, s. 562-569. ISBN 80-7042-788-4.
- [14] Oršulák, T. (2005): *Charakteristiky internetových map*. In Lauko, V. (ed.): Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitatis Comenianae Geographica Supplementum No. 3, Univerzita Komenského, Bratislava, s. 415–424, ISBN 80-223-2144-3, ISSN 0231-715X.
- [15] Oršulák, T. (2005): *Problémy a limity vizualizace prostorových dat na Internetu z pohledu českého uživatele*. In: Talhofer, V. (ed.) Mapa v informační společnosti. Univerzita obrany, Brno, s. 190-194. ISBN 80-7231-015-1.
- [16] Oršulák, T. (2005): *Vytvoření databáze geografických dat pro analýzu vývoje krajiny modelových oblastí České republiky*. In: NOVÁK, S. Geographical Aspects of Central European Space. PF MU, Geografie XVI, Brno, s. 59–60. ISBN 80-210-3759-8.
- [17] Balej, T., Oršulák, T. (2005): *Transformace geodat a vytváření geografické databáze pro řešení CEP projektu*. In: Zborník VI. vedeckej konferencie doktorandov 2004/2005. Nitra, FPV UKF, s. 226–229. ISBN 80-8050-813-5.
- [18] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2005): *Methodical Procedure of Social and Ecological Links Assessment with Economic Transformation: Theory and Application*. In: Ritschelová (ed.): Environmental Accounting. Sustainable Development Indicators. Proceedings from Int. Conf. In Prague, pp. 391-398. ISBN 80-7044-676-5.
- [19] Oršulák, T., Raška, P. (2006): *Modelování a vizualizace geomorfologických rizik v projektu GeoScape*. In: Kraft, a kol. (eds.): "Česká geografie v evropském prostoru." Sborník abstraktů referátů z

XXI. sjezdu ČGS. ČGS a JČU, České Budějovice, s. 76. ISBN 80-7040-879-0.

- [20] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T. (2006): *Multitemporální analýza environmentálních stresorů*. In: Kraft, a kol. (eds.): "Česká geografie v evropském prostoru." Sborník abstraktů referátů z XXI. sjezdu ČGS. ČGS a JČU, České Budějovice, s. 76. ISBN 80-7040-879-0.
- [21] Anděl, J., Balej, T., Oršulák, T. (2006): *Long-term land use changes and environmental stress development*. In: Proceedings from IGU Conference 2006 Brisbane, pp. 21221-212121.
- [22] Anděl, J., Balej, T., Oršulák, T. (2006): *Geografické hodnocení krajiny Ústeckého kraje*. In: Jeřábek, M. (ed.) Regionální výzkum v severozápadních Čechách, Acta universitatis Purkynianae, Studia Geographica VII, Ústí nad Labem, s. 69-80. ISBN 80-7044-778-8.
- [23] Anděl, J., Balej, M., Oršulák, T., Raška, P. (2007): *Creating a visual historical perspective for sustainable development of urban landscapes*. In: Ritschelová (ed.): Environmental Accounting. Sustainable Development Indicators. Proceedings of 3rd Int. Conf. in Prague, EA-SDI UK Praha – Centrum pro otázky životního prostředí, UJEP v Ústí nad Labem, pp. 123-130. ISBN 978-80-7044-883-0.
- [24] Balej, M., Anděl, J., Oršulák, T. (2008): *Land use changes in relation to environmental stress indicators*. In: Boltžiar, M. (Ed.): Implementation of Landscape Ecology in New and Changing Conditions. Proceedings of the 14th International Symposium on Problems of Landscape Ecological Research, 4–7 October 2006, Stará Lesná, High Tatra Mts., Slovak Republic. Institute of Landscape Ecology of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, branch Nitra, pp. 17-27. ISBN 978-80-89325-03-0.
- [25] Oršulák, T. (2007): *Multitemporální 3D vizualizace Klášterecka*. In: Fyzickogeografický sborník 5.: Masarykova univerzita Brno, 2007. s. 97-102. ISBN 978-80-210-4508-8.

### Monografie

- [26] Anděl, J., Jeřábek, M., Oršulák, T. (2002): *Vývoj sídelní struktury a obyvatelstva pohraničních okresů Ústeckého kraje*. Acta Universitatis Purkynianae 88, Studia Geographica IV., UJEP Ústí n. L., s. 229. ISBN 80-7044-493-2.
- [27] Jeřábek, M., Kowalke, H., Oršulák, T. a kol. (2006): *Atlas euroregionu ELBE/LABE jako prostředek vzájemného přeshraničního poznávání*. MINO Ústí n. L. 2006, s. 126. ISBN 80-239-6862-9.

- [28] Anděl, J., Balej, M., Jeřábek, M., Oršulák, T., Raška, P. (2008): *Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny, II. díl. Vývoj environmentálního stresu v severozápadních Čechách v období transformace*. MINO, Ústí nad Labem, 176 s. ISBN 978-80-254-3781-0.
- [29] Oršulák, T., a kol. (2009): *Komplexní geografický výzkum kulturní krajiny, III. na mapách a fotografiích severozápadních Čech*. Kartografie a.s., Praha, s. 135. ISBN 978-80-7393-064-6.

### **Kapitoly v monografiích**

- [30] Oršulák, T. (2004): *Reliéf Východního Krušnohoří*. In: Balej M., Anděl J., Jeřábek, M. a kol. Východní Krušnohoří – geografické hodnocení periferní oblasti. Acta Universitatis Purkynianae 96, Studia Geographica V., UJEP Ústí n. L., barevná příloha. ISBN 80-7044-558-0.
- [31] Oršulák, T. (2005): *Geodata a jejich využití pro potřeby geografického výzkumu krajiny*. In: Anděl, J., Balej, M.: Komplexní geografické hodnocení krajiny I. díl. MINO, Ústí nad Labem, s. 137–149. ISBN 80-238-9682-2.
- [32] Oršulák, T. a kol. (2008): *Modelová území a jejich geografické zhodnocení*. In: Anděl, J., a kol.: Komplexní geografické hodnocení krajiny III. díl. MINO, Ústí nad Labem, s. 13–59. ISBN 978-80-254-3781-0.
- [33] Balej, M., Anděl, J., Oršulák, T., (2008): *Environmental stressors and stress as a natural/human interdisciplinary issue (case study from the Northwestern part of the „Sudetenland“)*. Geographica Universitatis Carolinae, 49, Praha.